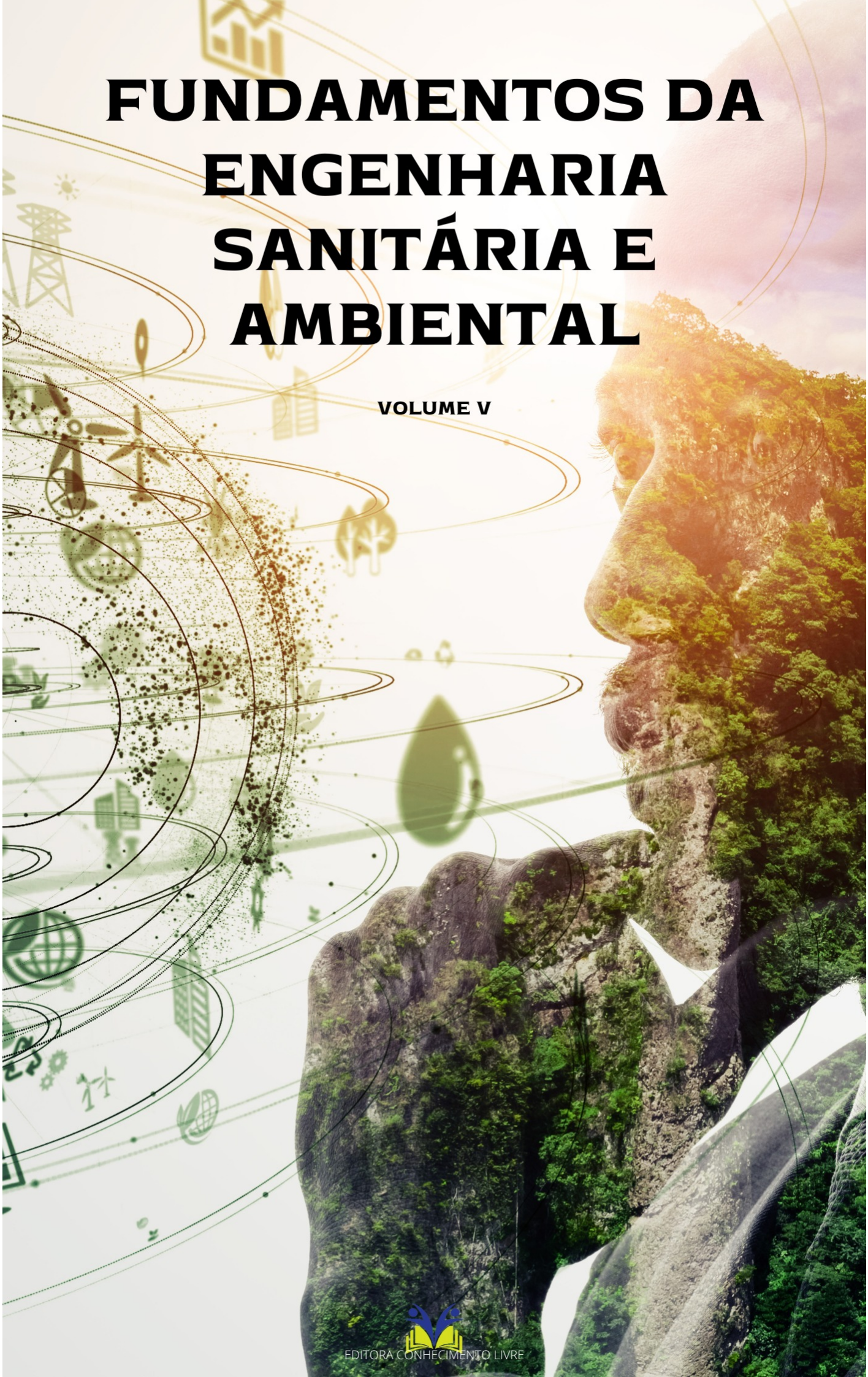
FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

VOLUME V



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Fundamentos da engenharia sanitária e ambiental

5ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

Copyright© 2023 por Editora Conhecimento Livre

5ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238F Fundamentos da engenharia sanitária e ambiental
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

308 f.: il
DOI: 10.37423/2023.edcl798
ISBN: 978-65-5367-403-5
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. recursos-hídricos 2. saneamento-básico 3. tratamento I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 628

https://doi.org/10.37423/2023.edcl798

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
MSc Humberto Costa
MSc Thays Merçon
MSc Adalberto Zorzo
MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno
PHD Willian Douglas Guilherme
MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto
MSc Walmir Fernandes Pereira
MSc Edisio Alves de Aguiar Junior
MSc Rodrigo Sanchotene Silva
MSc Wesley Pacheco Calixto
MSc Adriano Pereira da Silva
MSc Frederico Celestino Barbosa
MSc Guilherme Fernando Ribeiro
MSc. Plínio Ferreira Pires
MSc Fabricio Vieira Cavalcante
PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes
MSc Simone Buchignani Maigret
Dr. Adilson Tadeu Basquerote
Dra. Thays Zigante Furlan
MSc Camila Concato
PHD Miguel Adriano Inácio
MSc Anelisa Mota Gregoleti
PHD Jesus Rodrigues Lemos
MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo
MSc Karine Moreira Gomes Sales
Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
MSc Pedro Panhoca da Silva
MSc Helton Rangel Coutinho Junior
MSc Carlos Augusto Zilli
MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior
Dra. Suely Lopes de Azevedo
MSc Francisco Odecio Sales
MSc Ezequiel Martins Ferreira
MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2023

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 8
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIACHO BODOCONGÓ CANALIZADO EM CAMPINA GRANDE-PB
Arthur de Sousa Ferreira
Neyliane Costa de Souza
Marcia Ramos Luiz
Marcello Maia Almeida
Geralada Gilvania Cavalcante
DOI 10.37423/230908147

CAPÍTULO 2 16
1 III-005 MONITORAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM TEMPO REAL ”
Fernanda Lovato de Medeiros Cabral
Marcos Alberto Leandro do Santos
DOI 10.37423/230908232

CAPÍTULO 3 25
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E DANOS AMBIENTAIS EM ZONAS COSTEIRAS DO BRASIL - ANGRA DOS REIS E PARATY
Laís Alencar de Aguiar
Oscar Rocha Barbosa
Patrícia dos Santos Matta
Raphael do Couto Pereira
Tatiana Santos da Cunha
Tetyana Gurova
Vanessa da Silva Garcia
Josimar Ribeiro de Almeida
DOI 10.37423/230908189

CAPÍTULO 4 46
PROJETO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VAZÃO DE ÁGUA UTILIZANDO REDES LORA EM COMUNIDADES ISOLADAS DA AMAZÔNIA
Jucicleber Francisco da Silva Castro
João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa
Marcus Pantoja da Silva
DOI 10.37423/230908197

CAPÍTULO 5 54
“FATOR K" E BDI DE CONSULTORIA EM ORÇAMENTOS DE ENTIDADES PÚBLICAS: O QUE FAZER?
Hellen Karoline Porfírio de Araújo Andrade
Valter Cleber Guedes da Rocha Lima
Ana Beatriz Fidelix Borges
Laísa Souza Figueira
Breno dos Reis Marinho
DOI 10.37423/230908199

CAPÍTULO 6 66
ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON MARINE MAMMALS AT URUSSUQUARA BEACH-ESA FTER THE FUNDÃO DAM’S FAILURE
Cleber Vinicius Akita Vitorio
Oscar Rocha Barbosa
Patrícia dos Santos Matta
Raphael do Couto Pereira
Tatiana Santos da Cunha
Tetyana Gurova
Josimar Ribeiro de Almeida
DOI 10.37423/230908211

CAPÍTULO 7 85
GESTÃO DE CONTRATOS DO GRUPO A4 NO MERCADO CATIVO - O CUSTO DE ENERGIA ALGEBRICAMENTE MÍNIMO
Lucas Assis de Moraes
DOI 10.37423/230908213

CAPÍTULO 8 93
DESAFIOS PARA A UNIVERSALIZAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE.COMO TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E AUTOMAÇÃO PODEM MELHORAR A VIDA DAS PESSOAS
JOSE EDUARDO COUTINHO TESSIS
Marcelo Gil Faccin
Paulo Ricardo Dias Tabim
Rodrigo Gomes Soares
Cássio Anderson da Silva Rodembuch
DOI 10.37423/230908219

CAPÍTULO 9 110
BIORREFINARIA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: PRODUÇÃO DE BIOPRODUTOS SOB O CONCEITO DA ECONOMIA CIRCULAR
Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Luiz Gustavo Antonio de Souza
DOI 10.37423/230908220

CAPÍTULO 10 119
ANÁLISE DO FLUXO DE CARBONO POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO E VEGETAÇÃO
Nícholas de Paula Nicomedes
Renan Angrizani de Oliveira
Vanessa Cezar Simonetti
Darllan Collins da Cunha e Silva
DOI 10.37423/230908223

CAPÍTULO 11 143
AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO)
Marlon André Capanema
Byanca Rodrigues Dourado
Ludmilla Neas Bitencourt
Luanna Gonçalves de Paula
Theyssa Fernanda Barbosa Borges
Rosana Gonçalves Barros
DOI 10.37423/230908224

CAPÍTULO 12 154
CAFÉ COM BORDADO: ESTRATÉGIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PROMOÇÃO DA SAÚDE
Geize Carla Soares Marques
Marta Luiza Dias
Karine de Oliveira Gomes
Waldimir Rodrigues Viana
DOI 10.37423/230908225

CAPÍTULO 13 170
UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA GOOGLE FORMS COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA NAS ANÁLISES CRÍTICAS DOS KPI’S NA SANEPAR
Arlindo Sergio Gessolo Lins
DOI 10.37423/230908230

CAPÍTULO 14 186
ANALISE DO IMPACTO DA NOVA ESTRUTURA TARIFARIFA DA SABESP
HUGO SERGIO DE OLIVEIRA
DOI 10.37423/230908231

CAPÍTULO 15 198
REGULAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO: O ESTADO DA ARTE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA
MARIA REGIANE ARAUJO CAVALCANTE
MEIRILANE DO NASCIMENTO
DOI 10.37423/230908241

CAPÍTULO 16 219
SENSIBILIZAÇÃO DO USO RACIONAL DA ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE ATALAIA DO NORTE, BENJAMIN CONSTANT E TABATINGA NO ESTADO DO AMAZONAS
JOSÉ FRANCISCO ALEIXO DA SILVA
SÉRGIO RAMOS ELIAS
DOI 10.37423/231008275

CAPÍTULO 17 236
DESAFIOS OPERACIONAIS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DURANTE A PANDEMIA DO SARS-COV-2 NOS MUNICÍPIOS DE SALVADOR (BA) E REGIÃO METROPOLITANA
Jairo Lima Lameira Junior
DOI 10.37423/231008278

CAPÍTULO 18 244
SISTEMA INTEGRADO DE SANEAMENTO RURAL (SISAR) EM QUILOMBOS DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ELDORADO - VALE DO RIBEIRA - SP
Francisca Adalgisa da Silva
Eliana Irie Kitahara
Telma Nery
Fátima Valéria de Carvalho
Vania Lucia Rodrigues
DOI 10.37423/231008284

CAPÍTULO 19 258
SOLAR-DRIVEN SALINE WATER DESALINATION ANALYSIS OVER OPEN-CELL FOAM BED BASED ON DIRECT CONTACT MEMBRANE (DCM): NUMERICAL MODELLING
Renato da Silva Pereira
Jornandes Dias da Silva
DOI 10.37423/231008285

CAPÍTULO 20 272
THERMOCHEMICAL CONVERSION OF ETHANOL FOR THE HYDROGEN PRODUCTION IN A LUMPED-PARTICLE FIXED BED REFORMER: MATHEMATICAL MODELLING AND SIMULATION
Renato da Silva Pereira
Jornandes Dias da Silva
DOI 10.37423/231008286

CAPÍTULO 21 287
MODELAGEM MATEMÁTICA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO EM UM GASEIFICADOR DE LEITO FLUIDIZADO: SIMULAÇÃO NUMÉRICA
Ademir Ferreira da Rocha
Jornandes Dias da Silva
DOI 10.37423/231008287

CAPÍTULO 22 298
SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROCESSO DE COMBUSTÃO PARA UM GASEIFICADOR DE LEITO FLUIDIZADO GÁS-SÓLIDO: AVALIAÇÃO DAS ESPÉCIES QUÍMICAS
Ademir Ferreira da Rocha
Jornandes Dias da Silva
DOI 10.37423/231008288

Capítulo 1

10.37423/230908147

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIACHO BODOCONGÓ CANALIZADO EM CAMPINA GRANDE-PB

Arthur de Sousa Ferreira — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA*

Neyliane Costa de Souza — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA*

Marcia Ramos Luiz — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA*

Marcello Maia Almeida — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA*

Geralada Gilvania Cavalcante — *UNIVERVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA*

INTRODUÇÃO

A deterioração dos recursos hídricos é fato influenciado pelo crescimento das áreas urbanas, atividades agrícolas, explosão de atividades industriais e do sistema de transporte, que tornam vulneráveis as fontes de água disponíveis, podendo acarretar problemas de saúde pública, ambiental e socioeconômico, resultando em prejuízos para a própria humanidade (FREITAS *et al.*, 2001; PRINZ e SINGH, 2003).

O grande aumento da urbanização e industrialização produz novos desafios de gerenciamento dos recursos hídricos, isto sugere que os municípios devem promover alterações na legislação, investir no controle e em tecnologias para gerenciamento e proteção de recursos hídricos, que é um dos principais desafios à conservação dos mananciais e a preservação das fontes de abastecimento superficiais e/ou subterrânea.

Segundo Nóbrega (2012), Campina Grande apresentou um acelerado processo de urbanização nos últimos anos, novas áreas foram ocupadas favorecendo o aumento do escoamento superficial, provocado por obras de pavimentação, que impermeabilizam o solo, e a construção dos mais diversos tipos de edificações. Consequentemente, a cidade tem apresentado sérios problemas nos períodos de chuva, gerados pelo grande acúmulo do volume de água escoada superficialmente. A falta de investimentos do poder público na expansão dos sistemas de drenagem urbana e as falhas dos sistemas que se encontram implantados também contribuem para o fenômeno de inundação das bacias urbanas.

Segundo CARVALHO (2007), a bacia do Rio Bodocongó vem sendo palco de intensas transformações impulsionadas pela urbanização e desenvolvimento industrial, desta forma vem sofrendo inúmeras agressões, o que é comum em centros urbanos, como por exemplo: Desmatamento de matas ciliares, poluição de recursos hídricos, crescimento desordenado de bairros e ocupação de áreas sem planejamento, uso descomedido de água, lançamento de esgotos, alteração da drenagem, erosão, dentre outros; fatos que podem comprometer o abastecimento em áreas urbanas, ocasionando problemas socioeconômicos, como por exemplo: redução da disponibilidade hídrica.

Conforme Alves e Leal (2003) através do diagnóstico ambiental são possíveis identificar os principais problemas e as propostas de soluções, que auxiliam os planos de trabalhos e propostas de intervenções posteriores. Trata-se de um estudo complexo, que depende de uma capacidade de

percepção, observação, interpretação e sistematização dos vários processos sociais e naturais presentes e que muitas vezes têm causas, efeitos e abrangência maiores que a área estudada.

Este trabalho visa diagnosticar a situação ambiental do riacho Bodocongó canalizado em Campina Grande, identificando os aspectos positivos e negativos da canalização, a fim de auxiliar na gestão dessa área.

METODOLOGIA

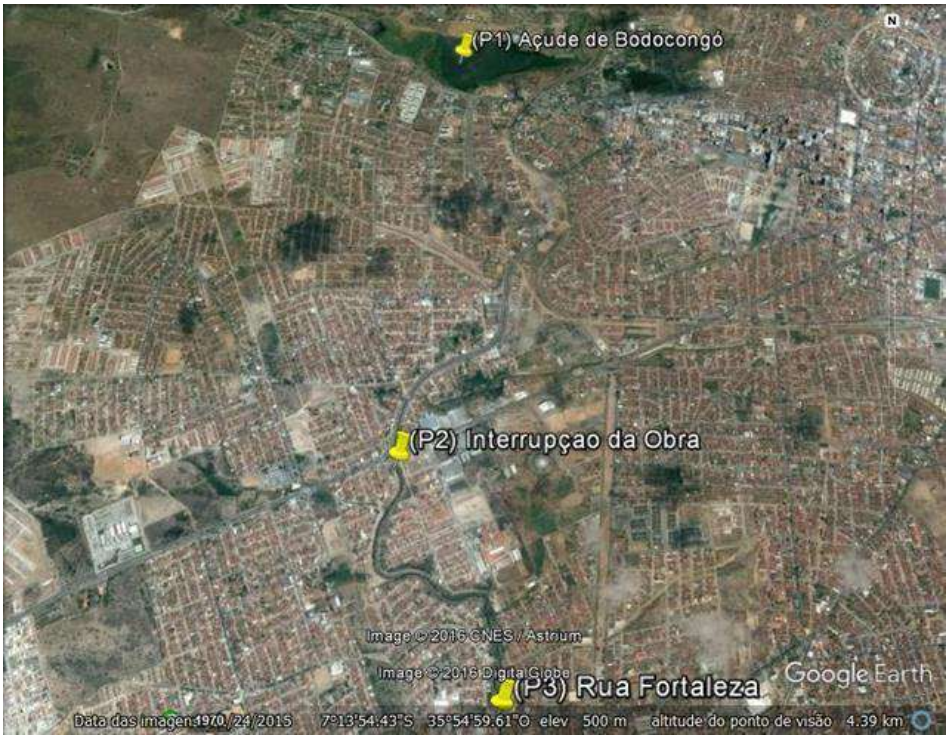
Campina Grande é o segundo maior município do estado da Paraíba, está situado no trecho mais alto das escarpas da Borborema, com latitude sul de 07º 13' 50" e longitude oeste de 35º 52' 52" e altitudes variando entre 500 e 600 m, ocupando uma área de 970 km2, dos quais 411 km^2 são de área urbana. Está situada no semiárido nordestino, na mesorregião do Agreste Paraibano.

O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Csa, que significa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno (entre janeiro até meados de outubro). A precipitação pluviométrica média anual de 802,7 mm, temperatura média de 27,5 °C e umidade relativa do ar média de 83% (ALVES *et al*., 2009).

O sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande estende-se por três bacias, sendo duas bacias que contribuem para a estação de tratamento do bairro da Catingueira - a bacia Depuradora e a bacia Bodocongó - e uma bacia que contribui para a estação de tratamento do bairro Glória – bacia Glória. É constituído de dois interceptores principais (Interceptor da Depuradora - Leste e Interceptor de Bodocongó - Oeste), um emissário (Emissário da Catingueira), duas Estações de Tratamento de Esgoto (bairro Catingueira e bairro Glória) e cinco elevatórias (LIMA, 2013). A drenagem da cidade de Campina Grande é composta por um sistema de microdrenagem como bocas de lobo, sarjetas, poços de visitas, tubos de ligação e galerias, e um de macrodrenagem que compreende canais trapezoidais e retangulares, em sua maioria abertos. Dentre os canais, têm-se o canal das Piabas, do Prado, de Bodocongó, da Ramadinha, das Malvinas, de Santa Rosa, entre outros, construídos com o objetivo de afastar as águas pluviais o mais rápido possível e conduzi-las para os corpos hídricos mais próximos.

O presente estudo analisou pontos ao longo do riacho canalizado do Bodocongó, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Pontos analisados na canalização do açude Bodocongó, Campina Grande, PB.



A Tabela 1 mostra as coordenadas dos pontos de coleta apresentados na Figura 7, da canalização do riacho Bodocongó.

Tabela 1 - Localização dos pontos de analisados da canalização do Riacho Bodocongó, em Campina Grande, PB, 2016.

P1	Açude de Bodocongó	7°12'50.89	35°55'2.72
P2	Fim da obra de Canalização	7°14'11.52	35°55'12.41
P3	Rua Fortaleza (Bairro Santa Cruz)	7°14'47.79	35°54'56.33

O diagnóstico ambiental foi realizado através da visita ao local e da percepção visual (fotos, imagens), coleta de dados secundários, além de informações da população do entorno. Afim de coletar informações sobre a vegetação, processo de urbanização e canalização/drenagem. **Resultados e discussão** O diagnóstico ambiental dos pontos observou-se que a vegetação do açude bodocongó (P1), apresentou transformações ocorridas ao longo dos anos nas margens do açude, bem como em trechos ao longo do riacho, onde deveria existir espécies de vegetação, constatou-se que vem ocorrendo ocupação indevida das margens por áreas construídas, ou até mesmo pela exploração de madeira. Ainda, foi possivel encontrar especies nativas da região como o juazeiro (*Zizyphus joazeiro Mart*.) e em maior quantidade de especies a algaroba, uma planta invasora, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Espécies de vegetação encontrada no trecho do riacho Bodocongó.



Legenda: Juazeiro (a esquerda) e espécie de Algaroba (a direita). Fonte: Própria.

Com o crescimento populacional e também do setor imobiliário ocorrido em Campina Grande, à população menos favorecida, passou a ocupar espaços de menor valor comercial e mais distantes do centro, como é o caso da área de influência do açude Bodocongó (Figura 3). Ocupação esta, que vem ocorrendo, sem uma infraestrutura adequada, ocasionando uma superpopulação no local, e consequentemente danos, tanto a saúde dos moradores como também do açude.

A ausência de rede coletora de esgoto e a presença de resíduos sólidos acumulados caracterizam a proliferação de agentes etiológicas causadores de doenças transmissíveis, como também o assoreamento e a eutrofização.

Mesmo com o sistema separador absoluto, a cidade vem enfrentando problemas com a ocorrência de inundações que aumentam a cada ano, isso devido ao crescimento desordenado, ao uso do solo associado às práticas inadequadas de disposição de resíduos sólidos e líquidos nos sistemas de drenagem, como também ao limitado controle de operação e manutenção das estruturas físicas desses sistemas.

Na canalização de drenagem do rio, é possível observar nas imagens da Figura 3, os danos sofridos ao longo do tempo devido a aumentos repentinos do volume d'água, evoluindo para um fluxo de alta energia capaz de erodir o concreto armado que reveste o canal, principalmente nas curvas.

Figura 3 – Situação da infraestrutura do canal do riacho Bodocongó, PB.



Observa-se que a galeria que seria usada exclusivamente para drenagem urbana, mas, é usada clandestinamente para lançamentos de efluentes domésticos e industriais.

Fato que é evidente ao se observar o aspecto leitoso dos efluentes que escoam e pedaços de materiais sintéticos provenientes de fabrica têxtil ou de calçado bem como o de materiais sólidos Parte da obra do canal, ficou incompleta, contribuindo assim para aumentar a velocidade da água no trecho artificializado uma vez que sem obstáculos, ou rugosidade no fundo do canal, a água ganha maior velocidade chegando à Rua Fortaleza (P3 analisado) em maior volume, aumentando as condições de risco para a população local.

A área de estudo a Rua Fortaleza no bairro Santa Cruz, encontra-se localizada no compartimento topográfico mais rebaixado da cidade, a uma altitude média entre 450 e 650m, ao longo do canal, dentro da faixa considerada como a área de inundação do Riacho, sujeita a alagamentos que durante os episódios de chuvas torrenciais a rua fica exposta a condições de risco, em decorrência da sua localização. Ver Figura 4.

Figura 4 - Resíduos sólidos depositados dentro e nas margens do canal.



Na Figura 4, é possível observar na Rua Fortaleza, à presença de resíduos sólidos ‘ às margens e dentro do Riacho, essa situação se repete em quase toda a extensão do mesmo. Observa-se também o acúmulo de sedimentos, entulho e outros detritos transportados pela água ao longo do curso fluvial, que contribuem para o processo de assoreamento do canal agravando as condições já existentes no local. No entanto, práticas como educação ambiental e a conscientização ecológica podem ajudar a evitar o agravamento da degradação ambiental.

CONCLUSÃO

Os problemas como a má gestão dos recursos hídricos e ambientais, o uso desordenado e predatório por parte da sociedade, bem como a falta de sensibilidade da população frente à importância da conservação dos recursos hídricos tem gerado sérios problemas ambientais à área percorrida pelo Riacho Bodocongó.

No entanto, para minimizarmos os danos ambientais identificados no trabalho, além da participação do poder público, práticas como educação ambiental e a conscientização ecológica podem ajudar a evitar o agravamento da degradação ambiental.

REFERÊNCIAS

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V. DE; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.;

LIMA, V. L. A. de. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v. 4, p.16-23, 2009.

ALVES, ADRIANA O.; LEAL, ANTÔNIO. C. Pressupostos teóricos e metodológicos do planejamento ambiental. Formação. Presidente Prudente/SP: FCT/UNESP, v.1, n.10, 2003. p.31-50.

CARVALHO, A. P. Diagnóstico da degradação ambiental do açude de Bodocongó em Campina Grande – PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Centro Ciências, Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 96p.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Caderno de Saúde Pública, 17 (3), p. 651 – 660, 2001.

NÓBREGA, P.; V.; M. Análise do sistema de drenagem de Campina Grande/PB para proteção de áreas de risco de inundação. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) -Universidade Federal de Campina Grande, PB. 2012, 128 p.

PRINZ, D. ; SINGH, A., K. Water Resources in arid regions and their sustainable management. Annals of Arid Lands, Special issue on research. 2003.

Capítulo 2

10.37423/230908232

1 III-005 MONITORAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM TEMPO REAL ”

Fernanda Lovato de Medeiros Cabral

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Marcos Alberto Leandro do Santos

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo



Resumo: Monitorar os sistemas de distribuição de água é uma prática fundamental nas empresas de saneamento e possibilita uma tomada de decisão com maior agilidade e assertividade. Além disso, uma resposta rápida aos eventuais problemas identificados na operação destes sistemas permite reduzir a perda de água e minimizar as reclamações dos clientes. Criar interfaces que indicam falhas ou anomalias nos setores de distribuição de água em tempo real é uma ótima solução para centros de monitoramento que funcionam de forma ininterrupta. É importante observar a quantidade de setores que precisam ser monitorados diariamente e criar identificações através de alarmes e cores que permitam ao operador do centro de controle uma rápida ação sobre a possível falha apresentada na tela. Dados importantes como vazão, pressão, volume de reservatórios e funcionamento de estações elevatórias de água são alguns itens fundamentais que precisam ser identificados e analisados na tela de monitoramento. Com base nestas observações foi desenvolvida uma tela personalizada contendo as informações descritas acima para um centro de controle que monitora 40 setores de distribuição simultaneamente em uma unidade de negócio da Sabesp.

Palavras-chave: Capacidade de monitoramento, agilidade, controle, qualidade.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido por operadores do Centro de Operação da Distribuição de Água (COD), que faz parte da Diretoria Metropolitana (MC) de São Paulo na Sabesp. O objetivo principal foi agrupar os 40 setores de distribuição que são monitorados diariamente em uma única tela, com alarmes e informações essenciais para a correta operação do sistema.

Para a criação desta tela simplificada foi utilizado um historiador que armazena dados como pressão, vazão, nível e estado de operação das bombas (on/off) e com o auxílio de um sistema gráfico e historiador de rede, a representação de cada setor de distribuição foi desenhada na tela com os seus respectivos alarmes.

Com isso, os operadores tem acesso a todos os sistemas em tempo real, ganhando em agilidade na tomada de decisão e eficiência na identificação de falhas apresentadas em cada um dos setores monitorados.

É importante destacar que apesar de uma única tela, os setores de distribuição foram agrupados por Unidade de Gerenciamento Regional (UGR), o que facilita também o direcionamento das ocorrências para as equipes de campo, manobra e manutenção, caso haja a necessidade de atuação na resolução dos problemas identificados.

MATERIAIS E MÉTODOS

O painel de monitoramento criado, abrange 40 setores de distribuição de água da região central da Cidade de

São Paulo e dos municípios de Santo André e Mauá. Foi utilizada uma metodologia de cores para a rápida identificação dos parâmetros operacionais dos setores monitorados.

Para os reservatórios, a indicação de nível pode ser rapidamente identificada conforme a descrição a seguir:

- Nível operacional normal: azul
- Nível operacional alto / baixo: vermelho
- Nível operacional em queda: laranja

Para as estações elevatórias de água a indicação de funcionamento pode ser rapidamente identificada conforme a descrição a seguir:

- Em operação normal: verde

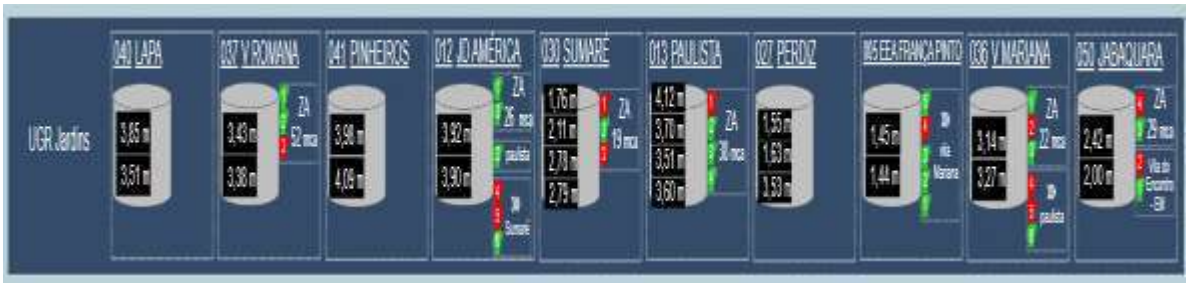
- Fora de operação / baixa ou alta pressão: vermelho

Além destas informações consideradas essenciais para o monitoramento do sistema, o painel personalizado também possui links que permitem a rápida localização de informações como quantidade de ligações e economias, população afetada, limites operacionais, endereço das instalações, número da instalação elétrica e fluxograma dos setores de abastecimento desde os mananciais.

PRIMEIRA ETAPA: CONCEPÇÃO DO PAINEL

Nesta fase foram criados os gráficos de todos os setores de distribuição e os seus respectivos alarmes, separados por região conforme figura 01.

Figura 01: Gráfico dos reservatórios / setores de distribuição



Com esta etapa concluída já era possível monitorar todos os reservatórios e elevatórias em um único painel em tempo real.

A seguir as figuras mostram exemplos de monitoramento com os alarmes em funcionamento:

Figura 02: Estação elevatória de água com baixa pressão



Figura 03: Reservatório com nível de estravazamento

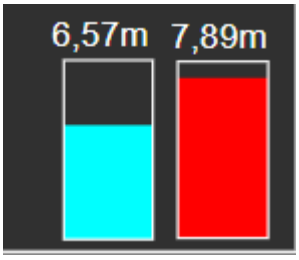


Figura 04: Reservatório com nível abaixo do padrão operacional

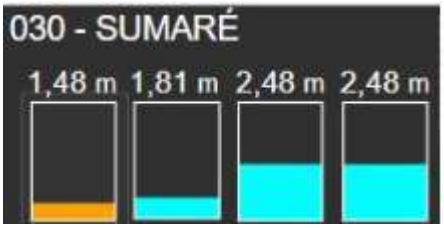


Figura 05: Elevatorias com grupos ligados



RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Os resultados obtidos após a implantação da primeira etapa, já permitiram maior agilidade na identificação de falhas em todos os setores monitorados, além da visualização de dados operacionais em tempo real em painel único.

SEGUNDA ETAPA: CRIAÇÃO DOS LINKS DE DETALHAMENTO DOS SETORES

Nesta fase foram adicionados ao painel, os links que permitem acesso rápido às informações mais detalhadas de cada setor de distribuição. Os links direcionam para outras telas onde o operador consegue visualizar várias informações que auxiliam nas tomadas de decisão. As figuras a seguir ilustram estas informações:

Figura 06: Fluxograma 01 dos Mananciais

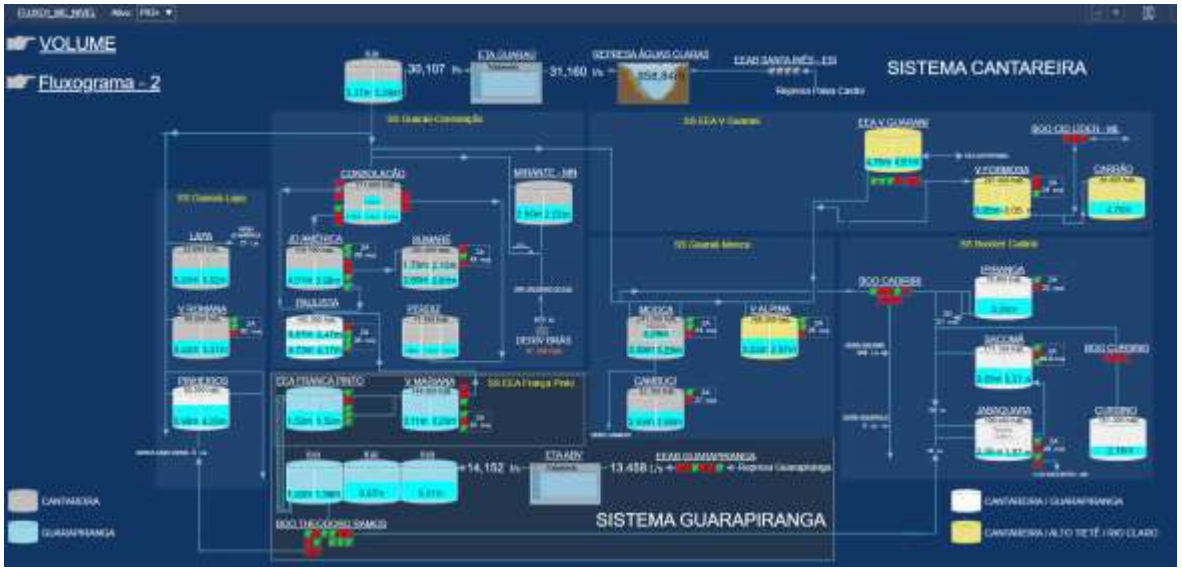
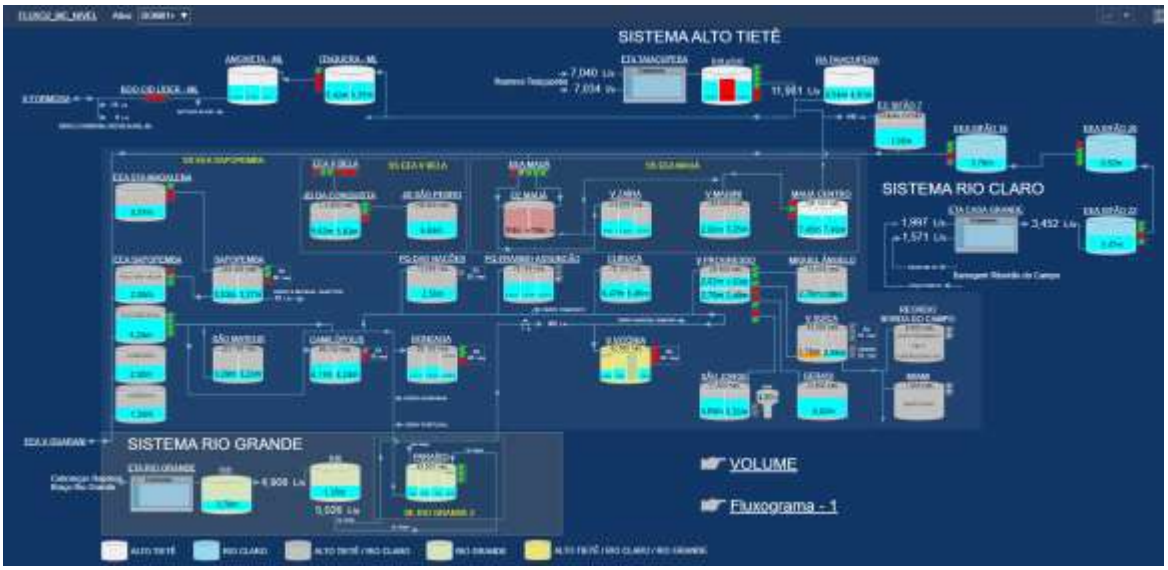


Figura 07: Fluxograma 02 dos Mananciais



Neste fluxograma conseguimos visualizar o monitoramento da vazão, ou seja, quanto está entrando de água bruta e saindo de água tratada do manacial em tempo real.

Segundo Cassiolato (2008), vazão pode ser definida como a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoa por uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo.

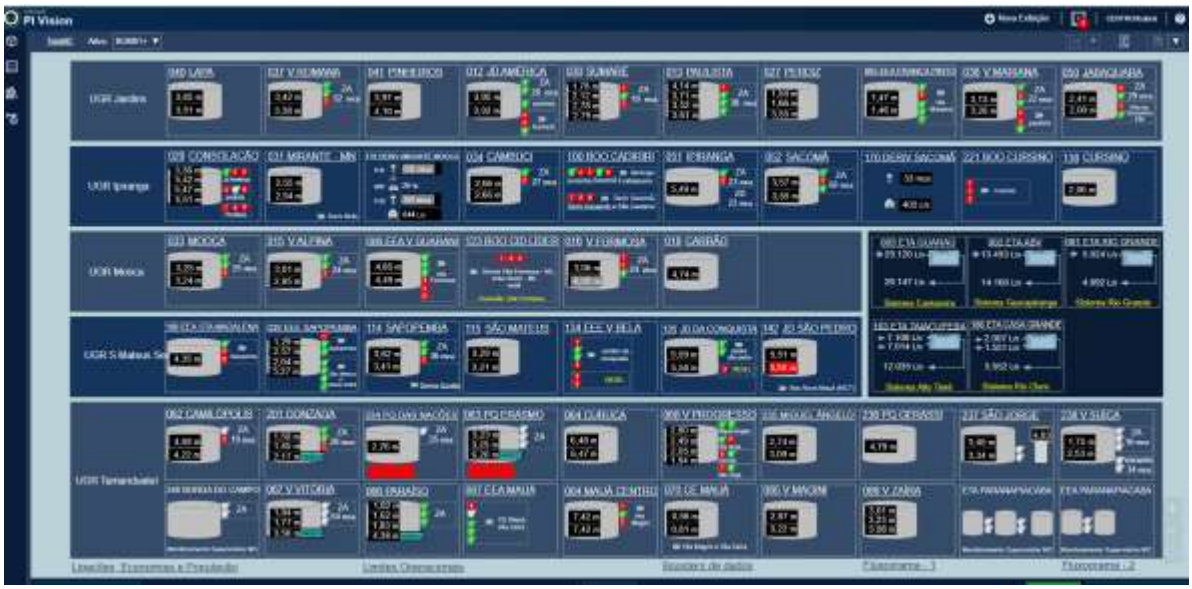
Manancial, de acordo com o Ministéio do Meio Ambiente (MMA) é a fonte de água doce superficial ou subterrânea que pode ser usada para consumo domésticos, após tratamento e para o desenvolvimento de atividades econômicas.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Nesta fase conseguimos agrupar os reservatórios e comandos a serem recebidos no painel.

Em seguida agrupamos as UGRs Jardin, UGrs Ipiranga, UGRs Mooca, UGRs São Mateus e UGRs Tamanduatei chegando então a fase final do trabalho.Onde conseguimos chegar no modelo desejado do nosso painel obtendo a visualização total de área a ser monitorada.

Figura 08: Painel Completo



O sistema de abastecimento de água, é um dos pilares do saneamnto basico, consiste na captação de água da natureza, tratamento adequado, para garantia da sua qualidade e fornecimento em quantidade adequada às necessidades da população.

A água, quando bem tratada e distribuida, traz diversos beneficos à saude publica, uma vez que é indispensável no preparo de alimentos, na hidratação e possibilita a higienização das pessoas e ambientes.

Por isso queremos garantir cada vez mais a qualidade desta distribuição de agua para nossos clientes.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma tela de monitoramento intuitiva e abrangente para todo o sistema de distribuição de água na região Central de São Paulo, atendida pela MC.

Conclui-se que o objetivo proposto foi alcançado, pois foram realizadas todas as etapas prevista na implantação do sistema, agrupando em uma única tela de monitoramento informações dos setores de abastecimento das cincos UGRs: Jardins, Mooca, Ipiranga, São Mateus e Tamanduateí.

Durante o uso cotidiano, e na prática, notou-se melhora na percepção de anormalidades no sistema de distribuição, assim como maior agilidade na tomada de ações e buscas por informações relevantes dos setores de abastecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PI Vision – Historiador de Dados

2. Scoa – Web02 Sistema Historiador de Dados

3. Controle&Instrumentação Edição 138, Medição de Vazão, 2008, César Cassiolato e Evaristo O. Alves

4. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:

   https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/8047-mananciais.html. Acesso em 09abr 2023.

Capítulo 3

10.37423/230908189

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E DANOS AMBIENTAIS EM ZONAS COSTEIRAS DO BRASIL - ANGRA DOS REIS E PARATY

Laís Alencar de Aguiar — *Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD / CNEN*

Oscar Rocha Barbosa — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ*

Patrícia dos Santos Matta — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Raphael do Couto Pereira — *Troy University (EUA)*

Tatiana Santos da Cunha — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Tetyana Gurova — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Vanessa da Silva Garcia — *Universidade Federal Fluminense - UFF*

Josimar Ribeiro de Almeida — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Resumo: O estudo visa identificar os impactos e danos ambientais e as ações desenvolvidas para a melhoria da qualidade de vida e preservação da biodiversidade das zonas costeiras dos municípios de Angra dos Reis e Paraty, de acordo com a metodologia do modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). As informações sobre o estado do ambiente têm grande importância prática e teórica, visto que a partir delas é possível elaborar um planejamento para minimizar as pressões e impactos sobre o meio ambiente e potencializar as respostas em favor da preservação da biodiversidade e promoção da melhoria da qualidade de vida e bem-estar da população. Na primeira etapa, os dados foram coletados através de pesquisa bibliográfica e organizados em infográficos e tabelas. Na segunda etapa, os resultados foram analisados e discutidos sob a perspectiva do modelo PEIR. Foi observado que os municípios em estudo necessitam de melhorias na infraestrutura urbana básica, o que influencia diretamente na qualidade de vida e saúde da população. Em contrapartida, há iniciativas para a conservação da biodiversidade, como a manutenção de Unidades de Conservação e adesão do município de Paraty ao Passaporte Verde.

Palavras-chave: Gestão ambiental, Preservação ambiental, Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

I INTRODUÇÃO

A sociedade moderna enfrenta como um dos seus grandes desafios a complexa responsabilidade de conciliar o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade socioambiental (RIBEIRO; BARCELLOS, 2013; MEIER *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015), ou seja, o equilíbrio entre o crescimento econômico, a preservação ambiental e a justiça social (DIAS, 2011). O litoral fluminense destaca-se pela diversidade de ecossistemas de elevada relevância ecológica, como: florestas, restingas, manguezais (INEA, 2014), os quais têm sofrido acentuados processos de degradação ambiental devido a interferências negativas de origem antrópica, como: poluição do ar, solo e recursos hídricos, ocupação desordenada em áreas ambientalmente vulneráveis, extração exacerbada de recursos naturais, entre outros.

Para compreender a dinâmica dos ecossistemas, é necessário observar as funções ecossistêmicas, as quais podem ser definidas como as relações efetivas entre os elementos estruturais de um ecossistema, inclusive a transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática e do ciclo da água (DALY; FARLEY, 2004). Na maior parte dos casos, segundo Andrade e Romeiro (2009), uma determinada função ecossistêmica gera um serviço ecossistêmico quando os processos naturais subjacentes provocam benefícios direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano. Assim, os autores definem que serviços ecossistêmicos são produtos físicos e não físicos produzidos pela natureza independentemente do seu relacionamento com a espécie humana.

Com o intuito de promover uma gestão ambiental mais eficiente, existem diversas metodologias de análise ambiental, dentre as quais, considerando as aplicações e práticas mais difundidas prevaleceu, segundo Ariza e Araújo Neto (2010), o modelo Pressão-Estado- Impacto-Resposta (PEIR), desenvolvido pela a Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 1993) para o estudo de indicadores ambientais e complementado pelo PNUMA em 2007. Os autores complementam ainda que essa metodologia é capaz de proporcionar um meio para analisar problemas ambientais sem descartar o fato de que o ambiente existe como um sistema de múltiplas interações, inclusive favorecendo compreensão das interseções culturais, históricas, tecnológicas e políticas existentes entre o ser humano e o meio ambiente.

Portanto, considerando que o processo de investigação do ambiente urbano é essencial para a promoção da gestão para o desenvolvimento sustentável (CRESPO; LAROVERE, 2002), este estudo tem como objetivo, identificar os impactos e danos ambientais e as ações desenvolvidas para a melhoria da qualidade de vida e preservação da biodiversidade das zonas costeiras dos municípios de Angra dos Reis e Paraty, a fim de avaliar o conjunto de informações publicamente disponíveis relativas ao modo

de uso atual dos recursos naturais locais e seu desdobramento potencialmente impactante para o meio ambiente e sociedade.

II MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO (ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA)

Os municípios de Angra dos Reis (22°53'52.2" S 44°22'50.5" O) e Paraty (23º08’15.0” S 44º44’34.2” O) estão localizados no estado do Rio de Janeiro e compõem uma extensa zona costeira de 350 km de litoral que forma a baia da Ilha Grande juntamente com o litoral de Mangaratiba (INEA, 2015), conforme apresenta a **figura 1**. As unidades de conservação correspondem a quase 72% da área total (terrestre e marinha) dos municípios em estudo. Essas áreas abrigam formações florestais de relevância ambiental, como: restinga, manguezais, ilhas costeiras, arrecifes e costões rochosos.

Figura 1: Área de estudo: municípios de Angra dos Reis e Paraty, RJ.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

As principais atividades econômicas da região são a pesca, as atividades portuárias, a exploração de óleo e gás *offshore*, as usinas termonucleares (Angra 1 e Angra 2), construção civil, turismo e agropecuária. Por conta do lançamento de efluentes industriais e domésticos nos corpos hídricos dos municípios, a composição da água tem sido alterada principalmente pelo acúmulo em grandes quantidades de substâncias como nitrogênio e fósforo, além de outras substâncias tóxicas. Essas condições ambientais podem resultar na morte de organismos e propagação de doenças, além de outros impactos (INEA, 2015).

DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Com o intuito de tornar a gestão ambiental mais eficiente, existem diversas metodologias de análise ambiental. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem se dedicado na tarefa de elaborar indicadores que exprimam a situação ambiental atual e o progresso visando à sustentabilidade. Levando em consideração as aplicações e práticas mais difundidas, a metodologia PEIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta) prevaleceu e permite analisar o ambiente como um sistema organizado sob diferentes dimensões e interações (ARIZA, NETO, 2010). Neste trabalho, a metodologia PEIR foi empregada a fim de reconhecer as potencialidade dos recursos naturais disponíveis e as consequências decorrentes de seu uso.

Os elementos constituintes da matriz PEIR são compreendidos como: “pressão”, que se refere às atividades humanas que pressionam o meio ambiente, sensibilizando seus recursos naturais, ou seja, modificando seu “estado”, que é composto pelo conjunto das suas condições ambientais. As consequências da alteração do “estado” resultam nos “impactos” e a “resposta” consiste nas ações voltadas para a mitigação ou resolução do dano causado. (DUTRA et al., 2018; LIMA; COSTA; RIBEIRO, 2017); KRISTENSEN, 2004; RIBEIRO, BARCELLOS, ROQUE, 2013).

Assim, para a caracterização da área em estudo foi realizada pesquisa bibliográfica e documental em bases de dados de diversas instituições com pesquisas. Também foram levantados dados quanto aos ecossistemas que compõem os municípios, dados demográficos, infraestrutura urbana e atividades econômicas desenvolvidas na região.

Posteriormente, realizou-se a sistematização dos dados coletados, com a elaboração de infográficos e tabelas, visando facilitar a compreensão quanto à distribuição dos dados.

III RESULTADOS E DISCURSÃO

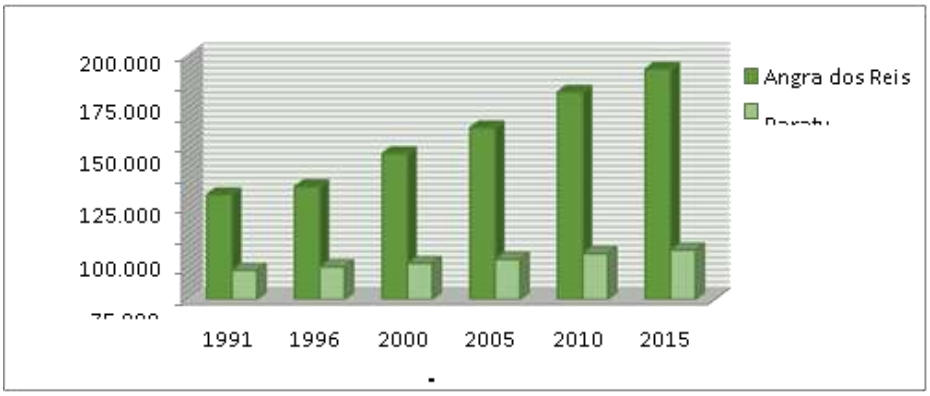
PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA: PRESSÃO

A análise da dinâmica populacional da área em estudo é de fundamental importância para a compreensão da pressão antrópica exercida no meio ambiente, quanto maior a população, maior será o seu consumo e consequentemente, maior será a extração de recursos naturais (MALTHUS, 1950; MATOS, 2012; VARGAS, 1998; MARTINE, 2007).

Entre 2000 e 2010, de acordo com dados compilados por Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, a população de Angra dos Reis evoluiu a uma taxa média de 3,58%, destacando-se, segundo TCE

(2017), como o 11º maior crescimento populacional na comparação entre as décadas, enquanto Paraty apresentou crescimento de 27%, o 19º maior crescimento no estado. Ao observar o gráfico 1, é possível perceber um expressivo incremento populacional no município de Angra dos Reis entre a década de 1990 e o ano 2015, e em contrapartida, observa- se um crescimento mais discreto em Paraty considerando o mesmo intervalo de tempo.

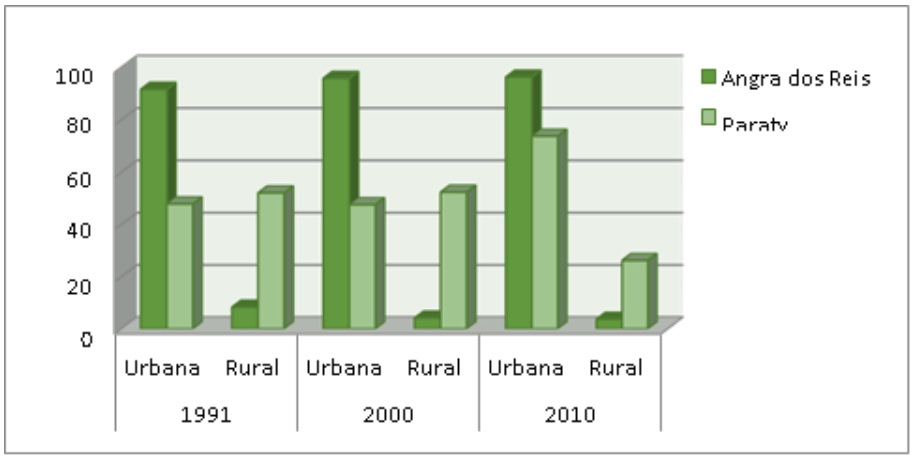
Gráfico 1: População residente nos municípios de Angra dos Reis e Paraty (1991 à 2015).



Fonte: IBGE, TCE Estudos Socioeconômicos, PNUD, Ipea e FJP.

No que se refere à distribuição da população nas zonas territorial urbana e rural, Angra dos Reis permanece com seu perfil urbano de acordo com dados de 1991 a 2010, conforme **gráfico 2**, mantendo seu contingente populacional urbano sempre acima dos 90%. Contudo, Paraty somente apresentou um crescimento efetivo na população urbana no ano de 2010, quando houve a ocupação de 73,77% dos habitantes de Paraty na zona urbana.

Gráfico 2: Percentual de população rural e urbana dos municípios de Angra dos Reis e Paraty (1991, 2000, 2010).



Fonte: IBGE, PNUD, Ipea e FJP

Para fins de análise das variações temporais do crescimento populacional, utiliza-se como parâmetro a taxa de crescimento populacional, que consiste no "percentual de incremento médio anual da população residente em determinado espaço geográfico, no período considerado", conforme IBGE (2010). Desse modo, o valor da taxa refere-se a um período de tempo no intervalo de dois momentos que, em geral, corresponde aos anos dos censos demográficos. A taxa é diretamente influenciada pela dinâmica da natalidade, da mortalidade e das migrações da área em estudo (IBGE, 2010).

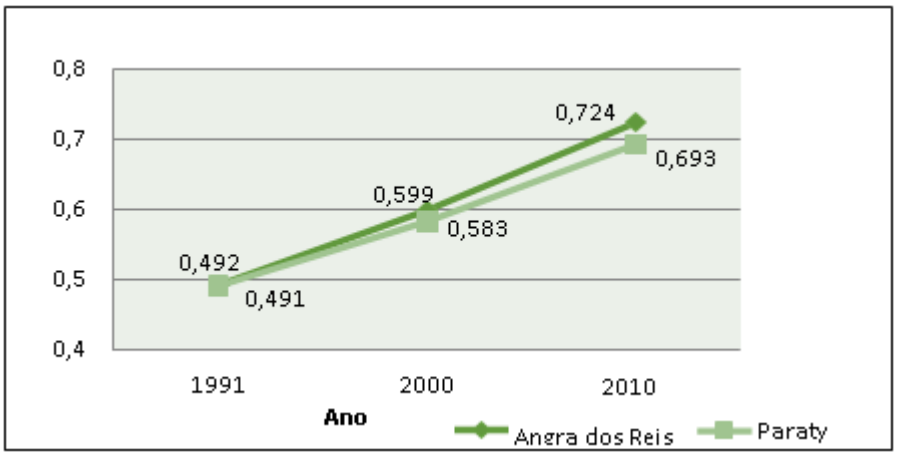
Tendo isso em vista, Angra dos Reis teve um aumento da sua taxa de crescimento populacional de 0,22% quando comparados os períodos de 2000-2010 e 1991-2000, enquanto em Paraty o crescimento foi de apenas 0,05% Portanto, nota-se uma tendência de que Angra dos Reis permaneça um município mais populoso que Paraty pelos próximos anos.

Segundo definição do IBGE, a densidade demográfica é medida através da relação entre a população e o território, expressa geralmente em habitantes por quilômetro quadrado. Diante disso, pode-se considerar que a medida da densidade demográfica e da taxa de crescimento populacional são duas ferramentas importantes para o estudo prognóstico da pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais nas áreas em estudo. Em 2010, segundo IBGE, a densidade demográfica de Angra dos Reis era de 205,8 hab/km², enquanto a de Paraty apresentava 40,36 hab/km².

Segundo Matos (2012, p. 456), "população e recursos naturais guardam vínculos associativos decisivos para o entendimento das trajetórias da mortalidade, natalidade e migrações, e isso afeta o crescimento demográfico". Destaca-se que mortalidade, natalidade e migrações são exatamente os fatores que influenciam no cálculo da taxa de crescimento populacional.

Outro componente importante a ser observado consiste no grau de desenvolvimento humano dos municípios em estudo. Segundo a ONU (2001, p. 9-10), o desenvolvimento humano "*é muito mais do que a ascensão ou a queda de rendas nacionais. É criar um ambiente em que os povos podem desenvolver seu potencial pleno e conduzir suas vidas produtivas e criativas de acordo com suas necessidades e interesses".* De 1991 até 2010, ambos os municípios em estudo apresentaram crescimento no seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (**gráfico 3**), calculado segundo dados da educação, longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda per capita. A partir de 2000, o avanço do IDHM de Angra dos Reis se mostrou mais expressivo, até alcançar o índice de 0,724 enquanto Paraty chegou a 0,693.

Gráfico 3: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Angra dos Reis e Paraty (1991, 2000, 2010).



Fonte: PNUD, Ipea e FJP

PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA: ESTADO

A avaliação do *estado* deve contemplar aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos naturais, a fim de relacionar a perspectiva ambiental e a qualidade de vida da população dependente desses recursos (PNUMA, 2008). Além da perspectiva ambiental, neste item também serão apresentados dados referentes às condições de acesso da população dos municípios em estudo aos serviços urbanos básicos, pois as condições habitacionais podem favorecer ou minimizar a ocorrência de doenças, o interfere diretamente na qualidade de vida dessas pessoas (RAHMAN; RAHMAN, 1997; VICTORA, 1996).

CARACTERIZAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA ÁREA EM ESTUDO

Com base no Diagnóstico do Setor Costeira da Baía de Ilha Grande (2015), a região da Baía da Ilha Grande, que engloba os municípios de Angra dos Reis e Paraty, está inserida no bioma Mata Atlântica, o qual detém alto grau de biodiversidade. A formação vegetal dominante é a floresta ombrófila densa, fitofisionomia que recobre uma vasta área da região. Na linha de costa, há presença de formação florestal característica de restinga com indivíduos arbóreos e alto grau de similaridade à vegetação ombrófila das terras baixas e submontanas. Há formação de ecossistemas de manguezal distribuídos por extensas áreas como na foz do rio Jurumirim e nas rias ou vales, conforme INEA (2015). A fitofisionomia de manguezal também pode ser observada na foz dos rios Mambucaba, Ariró e Bracuhy; nas Praias do Recife e Porto Marisco, na Ilha do Jorge Grego, e nas localidades de Japuíba e Caiera (SEA; SIDRAP; SEDEIS, 2012).

O manguezal é representado por ocorrer em locais de transição entre ambientes marinhos e terrestres e por apresentar espécies arbóreas com raízes aéreas (*Rhizophora mangle* – mangue-bravo ou vermelho, *Avicena schaueriana* – mangue-seriba ou seriúba – e *Laguncularia racemosa*– mangue-branco) e gramíneas (*Spartina* sp), tolerantes à imersão durante as marés cheias. No que se refere à floresta ombrófila densa, consiste em uma estrutura fitofisionômica de estrutura complexa, de aspecto exuberante e úmido com muitas lianas e epífitas, apresentando riqueza de espécies distribuídas em estratos distintos (INEA, 2015).

Na região da Baía da Ilha Grande, há diversas espécies arbóreas características de floresta ombrófila densa, conforme é listado na tabela 1. Há que se destacar que devido ao extrativismo descontrolado da espécie *Euterpe edulis* (palmito) encontra-se ameaçada de extinção.

Tabela 1: Espécies da flora que ocorrem na Baía da Ilha Grande.

Nome científico	Nome popular
Andira anthelmia	angelim
Aspidosperma sp	peroba
Cabralea canjerana	canjerana
Cedrela ocbrata	-
Cedrela fissilis	cedro
Chorisia speciosa	paineira
Clitoria racemosa	sombreiro
Cryptocaria moschata	canela-branca
Nectandra mollis	canela-preta
Hymenaea coubaril	jatobá
Joannesia princeps	boleira
Pouteria fissilis	guaricica
Pouteira lauriflora	guapeva
Ocotea divaricata	caneleiras
Ocotea pretiosa	canela-sassafrá
Piptadenia spp	angico
Euterpe edulis	palmito

Fonte: INEA (2015).

Além da exuberância da flora, a região conta com uma diversidade de fauna. Os principais levantamentos faunísticos para a região foram realizados para a confecção dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação, principalmente: Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB), Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG) e Área de Proteção Ambiental (APA) de Cairuçu. No PNSB, foram

registradas 40 espécies de mamíferos não voadores, incluindo espécies características da Mata Atlântica como o ouriço-cacheiro (Sphiggurus villosus).

Foram observados também mamíferos voadores, roedores, marsupiais e felinos, como: a onça-parda, a jaguatirica, o gato do mato (Leopardus tigrinus) e o jaguarundi (Herpailurus yaguarondi). (MMA/ IBAMA, 2001; INEA, 2015). No plano de manejo da APA de Cairuçu (MMA/IBAMA, 2004) são listadas 26 espécies de répteis e 35 de anfíbios, incluindo serpentes, como: jararaca (Bothrops jararaca) e a cobra cipó (Chironius bicarinatus) e também anuros populares como o Bufo sp. (sapo-cururu).

Quanto as aves, foram levantadas 345 espécies na APA de Cairuçu como: o tiê-sangue (Ramphocelus bresilius), o trinca-ferro (Saltator similis), o Canário da terra (Sicalis flaveola) e Coleirinhas (Sporophila caerulescens). No levantamento para o PNSB, foram registradas 294 espécies incluindo 130 espécies apontadas como endêmicas da Mata Atlântica e 12 ameaçadas de extinção (INEA, 2015).

Há também uma relevante diversidade ecológica de fitoplâncton, zooplâncton e bentos (fitobentos e zoobentos). Além de peixes, quelônios e mamíferos marinhos. Hetzel e Lodi (1996) consideram que a baía da Ilha Grande concentre uma das maiores diversidades de cetáceos no Brasil. Há registro de 14 espécies das subordens Mysticeti e Odontoceti. Dentre os Misticetos, as mais frequentes são as baleias franca-do-sul (Eubalaena australis) e jubarte (Megaptera novaeangliae), ambas com hábitos migratórios bem conhecidos para a Costa Brasileira (INEA, 2015).

INFRAESTRUTURA URBANA

ÁGUA ENCANADA

Estima-se que cerca de 10 % da carga global de doenças seja devida à má qualidade da água e a deficiências na disposição de excretas e na higiene. (PRÜSSUSTIN et al. 2008). Razzolini (2008) destaca que aumento da expectativa de vida e produtividade econômica, hábitos higiênicos, controle e prevenção de doenças são consequências das condições adequadas de abastecimento de água para a população. Para Lima et al (2017, p. 1077) “a distribuição de água é um condicionante de política pública de saneamento básico, que interfere de maneira significativa na saúde”. Por isso é uma questão de saúde pública e ambiental que a população tenha pleno acesso à água devidamente tratada em seus domicílios.

Entre os municípios em estudo, Angra dos Reis apresenta um abastecimento de água mais amplo que Paraty. Enquanto o percentual da população de Angra dos Reis passou de 88,16%, em 1991, para

92,49% em 2010, Paraty apresentou um aumento entre as décadas de 1991 e 2000 (de 81,65% para 88,89%), porém na década seguinte, houve um decréscimo para apenas 81,39%.

No que tange o esgotamento sanitário dos municípios em estudo, o Diagnóstico do Setor Costeira da Baía de Ilha Grande (2015), aponta que "o crescimento rápido e desordenado da população (tanto fixa quanto flutuante) da região tem contribuído para a multiplicação de lançamentos clandestinos, tanto diretamente nos corpos hídricos quanto por meio de ligação com a rede de águas pluviais".

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Angra dos Reis (SAAE), segundo SNIS (2011) trata o esgoto sanitário de 46,7 % da população urbana, correspondente a 45% da população total do município (SNIS, 2011). Todavia, em Paraty, não existe nenhum sistema de coleta e tratamento de esgoto, exceto a Vila Residencial de Mambucaba e o Condomínio Laranjeiras que mantêm sistemas próprios para este fim.

COLETA DE LIXO

Todos os resíduos gerados pelo município de Paraty são encaminhados para o Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) Costa Verde, um aterro sanitário situado no município de Angra dos Reis, que, por sua vez, também recebe os resíduos sólidos do seu município, conforme consta no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGRIS) de Paraty, de 2015.

Como em Paraty não existe uma estação de transferência de resíduos, essa operação é realizada em uma pequena área ambientalmente inadequada para a função e que até 2012 recebia todos os resíduos do município, local denominado Lixão Boa Vista. Os caminhões compactadores descarregam os resíduos de forma indevida no solo e, posteriormente, ocorre a operação de transferência com uma pá carregadeira até os caminhões encarregados de transportar até a área de disposição final, o Aterro de Ariró, situado em Angra dos Reis (UERJ, 2011).

Os resíduos coletados nos municípios são resultado da varrição dos logradouros públicos, coleta de resíduo domiciliar e insular, e outros serviços, como: capina, roçada, poda, serviços especiais e resíduos da construção civil e de saúde, por exemplo. A coleta é realizada através sistema de coleta manual (porta-a-porta) nos logradouros públicos.

Em 2010, de acordo com dados do Atlas de Desenvolvimento Humano, Angra dos Reis a coleta de resíduos alcançou 99,26% da sua população e Paraty 98,30%. Desde 1991, é possível verificar que Paraty teve aumento de 81,65% em 1991 para 98,30% em 2010 e Angra dos Reis, em 1991, atendia 81,65%, e em 2010 chegou a 99,26% da população atendida por esse serviço.

ENERGIA ELÉTRICA

A falta de acesso à energia elétrica favorece a progressão de assimetrias sociais, induzindo a manutenção da pobreza e desacelerando o desenvolvimento econômico com o incentivo indireto no fluxo migratório de trabalhadores para cidades mais desenvolvidas (NADAUD, 2012). Por isso, é necessário estudar a dinâmica de acesso a energia elétrica, a fim de traçar, dentre outros fatores, o perfil de desenvolvimento econômico e social dos municípios em estudo.

Segundo dados do Atlas do Desenvolvimento Humano, nota-se que no município de Angra dos Reis, em 2010, apenas 0,23% da população não tinha acesso à energia elétrica. Em Paraty, é possível observar que houve um forte incremento no percentual de habitantes com acesso à energia elétrica em seus domicílios de 1991 a 2010, com aumento de 74,97% para 98,02% da população.

PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA: IMPACTO SOCIOAMBIENTAL

À medida que a humanidade aumenta sua capacidade de intervir na natureza para satisfação de necessidades crescentes, surgem tensões e conflitos quanto ao uso do território e seus recursos (RIBEIRO; BARCELLOS; ROQUE, 2013), principalmente quando há incompatibilidade entre meio ambiente e desenvolvimento econômico (FONSECA; OLIVEIRA; SOUSA, 2012). Com o avanço da ocupação urbana desordenada há o agravamento de problemas e impactos diversos como o lançamento de efluentes domésticos e industriais e a ocupação de áreas de preservação (INEA, 2015)

> "Os impactos antrópicos que incidem sobre a zona costeira são comumente associados a vetores de desenvolvimento em franco processo de expansão, como o turismo, a implantação de parques eólicos e de grandes estruturas industriais, portuárias e logísticas ligadas, sobretudo, à exploração petrolífera offshore. Quaisquer atividades desenvolvidas no ambiente marinho implicam na ocupação de espaços costeiros e continentais, podendo trazer impactos negativos como o desenvolvimento urbano descontrolado e o aumento da especulação imobiliária (INEA, 2015)".

Em consonância com Acselrad (2004), é possível afirmar que os conflitos ambientais surgem quando há divergência entre o modo de sobrevivência de alguns grupos sociais no território sofre consequências indesejadas resultante das ações de outros grupos sociais.

De um modo geral e no contexto da metodologia PEIR, o *impacto* pode ser compreendido como as consequências das ações executadas sobre o *estado* do ambiente em termos do meio ambiente natural, ambiente construído, economia urbana local, qualidade de vida e a saúde humana (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010). Assim, também é possível admitir que o *impacto* demonstre as consequências

das condições do *estado* do ambiente sobre a saúde e bem-estar da população (RIBEIRO; BARCELLOS; ROQUE, 2013).

Na APA de Cairuçu, localizada no município de Paraty, existem diversos conflitos ambientais que atingem as comunidades tradicionais (comunidades quilombolas, indígenas e caiçaras) em alguns aspectos. Segundo informações contidas no Plano de Manejo da APA de Cairuçu (2018) são conflitos na área: comunidades indígenas requerendo aumento da área de suas terras, sobreposição de terra indígena com área do PARNA da Bocaina, presença de comunidades caiçaras que não possuem o registro de suas terras.

No município também havia um local inadequado para disposição de resíduos até o ano de 2012, denominado Lixão de Boa Vista, localizado a cerca de 5 km da região central da cidade. Contudo os resíduos não foram retirados do local e há uma estimativa de que 80 mil toneladas de resíduos e rejeitos estejam alocadas de forma ambientalmente inadequada no local, conforme estimativa do Plano Municipal de Saneamento Básico de Paraty.

A permanência desses resíduos e rejeitos sem tratamento em uma área sem impermeabilização do solo, captação de gás e lixiviados e a céu aberto oferecem riscos iminentes de contaminação do solo, proliferação de vetores de doenças, emissões atmosféricas prejudiciais à saúde humana e ambiental, dentre diversos outros impactos. É necessário ressaltar também a ininterrupta acumulação de biogás no solo, pois pode torná-lo instável e favorecer deslizamentos de taludes. Atualmente uma porção dessa localidade é utilizada como estação de transferência de resíduos, que posteriormente são encaminhados para o Aterro de Ariró, em Angra dos Reis.

Na área da Zona Costeira da Baía da Ilha Grande, que engloba os municípios de Angra dos Reis, Paraty e Mangaratiba, há a ocorrência de diferentes conflitos ambientais, como é apresentado no Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande (2015). Há problemas quanto às construções irregulares na zona costeiras, como: ocupação desordenada e irregular em áreas costeiras, aterramento do espelho d'água, supressão de vegetação, conflitos fundiários.

O turismo também tem gerado divergências no que tange a segurança da população local frente aos turistas, excesso de concentração de turistas em pontos específicos, atividades industriais e excesso de visitantes que sobrecarregam a capacidade de suporte do ambiente.

A pesca industrial têm diminuído os recursos pesqueiros, o que afeta diretamente os pescadores artesanais que dependem da pesca para sobreviver, além da pesca predatória que resulta em

degradação ambiental e da poluição industrial (lançamento de óleo e substâncias químicas) causada pelos grandes barcos de pesca. Cabe ressaltar a ocorrência de pesca de arrasto, que devasta o ambiente prejudicando ainda mais o pescador artesanal.

Existem comunidades tradicionais na região que vivem sem serviços básicos e sem acesso a emprego e, consequentemente, não possuem renda própria. Em contrapartida, há praias sendo privatizadas, resultando na expulsão da população nativa das áreas. Esse cenário eleva o custo de vida e muitas vezes, culmina em ocupação irregular de orlas e encostas, além de monopolizar os recursos naturais ali presentes.

Outro conflito muito presente está no contexto do transporte marítimo e da produção na camada de Pré-Sal. Ambos acarretam possíveis vazamentos de hidrocarbonetos na água. Destaca-se também para a troca da água de lastro das embarcações que pode acarretar a introdução de espécies exóticas ao ambiente, como é o caso do coral-sol (*Tubastraea* sp). A grande circulação de embarcações também afugenta peixes, o que dificulta a pesca, sem contar que aumenta as chances de acidentes entre banhistas e lanchas, por exemplo. A instalação da Central Nuclear em Angra dos Reis resultou em um conflito paisagístico para a região.

PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA: RESPOSTA

No âmbito da metodologia PEIR, compreende-se por resposta as ações “coletivas ou individuais que atenuam ou previnem impactos ambientais negativos, corrigem os danos causados ao meio ambiente, preservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local” (PNUMA e Consórcio Parceria 21, 2004).

Em 2015, foi publicado pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA) o Diagnóstico do Setor Costeiro da Baia da Ilha Grande onde é apresentado o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC). Este documento caracteriza-se como um instrumento da gestão ambiental especialmente para as zonas costeiras, e tem a finalidade de promover uma compatibilidade com os diferentes tipos de uso do espaço, e também a regulação das atividades que ocorrem nas regiões costeiras. Ou seja, é uma iniciativa relevante no contexto do planejamento para a preservação dos recursos naturais da região.

A cidade de Paraty foi escolhida como município pioneiro da Campanha Internacional Passaporte Verde, desenvolvido no âmbito da Força Tarefa Internacional para o Desenvolvimento Sustentável, composta por 20 países sob liderança do governo francês. Os Ministérios do Meio Ambiente, do

Turismo e o PNUMA serão os responsáveis por coordenar esse projeto em solo nacional, cuja campanha será oficialmente lançada em dezembro de 2018.

O objetivo consiste em estimular o turista a assumir uma postura sustentável diante do consumo e formas de interação com o ambiente a fim de reduzir os impactos negativos de suas ações e escolhas sobre o local visitado. Em contrapartida o município deve criar condições estratégicas e sustentáveis que sejam atrativas ao público e, para isso, segundo Ministério do Meio Ambiente, será necessário elaborar um diagnóstico da atividade turística local e melhorar a infraestrutura, como o saneamento, por exemplo.

No Parque Estadual da Ilha Grande, há a iniciativa BIG 2050, resultado do Projeto de Gestão Integrada do Ecossistema da Baía da Ilha Grande (Projeto BIG), uma cooperação entre a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cujo objetivo é planejar e implantar um modelo de gestão ambiental eficiente na região, promovendo a conservação e o uso sustentável da baía e de sua biodiversidade, considerada de importância global (BRASÍLIA, 2017).

A criação de Unidades de Conservação (UC) também é uma forma de preservar o meio ambiente e simultaneamente colaborar com a qualidade de vida da população, pois mantêm áreas verdes com possibilidade de visitação, melhora a qualidade do ar, dentre outras vantagens. As UC's além de desempenharem sua função principal de preservar os recursos naturais da área também contribuem de forma eficiente para o enfrentamento de desafios globais, como a mudança climática (MEDEIROS, 2011), ou seja, oferecem benefícios tanto a nível local quanto global.

Nos municípios em estudo, há a presença das seguintes Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Estação Ecológica de Tamoios (bioma marinho costeiro), Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG) e Parque Nacional da Serra da Bocaina.

IV CONCLUSÃO

De acordo com os dados coletados para a área de estudo analisada, é possível afirmar que os municípios de Angra dos Reis e Paraty apresentam deficiências quanto à infraestrutura urbana municipal, no que tange ao acesso à água potável, saneamento básico e iluminação elétrica residencial e coleta, destinação e disposição final de resíduos de forma ambientalmente adequada. Por isso, mostra-se necessário que sejam realizadas melhorias nesses serviços.

Além disso, foram identificadas ações governamentais e sociais que visam a gestão ambiental e, consequente, preservação ambiental. Contudo, essas iniciativas ainda são escassas frente ao volume de pressões ambientais incidentes nas áreas de estudo.

Espera-se que os dados apresentados neste trabalho possam auxiliar os líderes governamentais e tomadores de decisão no que tange a observação de oportunidades de melhoria na infraestrutura básica e a necessidade de ampliar as ações a favor do desenvolvimento social a ambiental que já estão sendo executadas e são bem-sucedidas.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. (org.). Conflitos Ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará; Fundação Heinrich Böll, 2004. 243 p.

ALMEIDA, J. R. et al. Política e Planejamento Ambiental. 3 ed. Rio de Janeiro: Thex, 2008. 457 p.

ANGRA DOS REIS (Prefeitura). Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Angra dos Reis. Angra dos Reis. 2017. 258 p.

ARIZA, C. G.; ARAUJO NETO, M. D. de. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão - Estado Impacto - Resposta (P.E.I.R.). Caminhos de Geografia, v. 11, n. 35, p.128-139, Uberlândia, 2010.

ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL Angra dos Reis. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/angra-dos-reis_rj > Acesso em 20 de junho de 2018.

_____. Paraty. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/paraty_rj > Acesso em 20 de junho de 2018.

BENCHIMOL, M. F. Gestão de Unidades de Conservação Marinhas: Um Estudo de Caso da Área de Proteção Ambiental da Baía de Paraty – RJ. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/16/teses/681138.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2018.

BERLINGUER, G. Globalização e saúde global. Estudos Avançados, v. 13, n. 35, p.21-38, São Paulo, 1999. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9454>. Acesso em 20 de julho de 2018.

DALY, H. E., FARLEY, J. Ecological Economics: Principles and Applications. Island Press, Washington, DC. 2004. 484 p. Disponível em

<https://indomarine.webs.com/documents/Ecological_Economics_Principles_And_Applications.pdf> Acesso em 20 de julho de 2018.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics. v. 41, p. 393-408, 2002. Disponível em http://ww2.oikos.unam.mx/CIEco/comunidades/files/De%20Groot,%202002_VALUATION%20OF%20ECOSYSTEM%2 0FUNCTIONS,%20GOODS%20AND%20SERVICES.pdf. Acesso em 22 julho de 2018.

DUTRA, Vítor Abner Borges et al. Saneamento em Áreas Urbanas na Amazônia: Aplicação do Sistema de Indicadores PEIR. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 2, p.652-671, Santa Catarina, 2018. Disponível em

<http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6234>.Acesso em 23 de julho de 2018.

FONSECA, B. C.; OLIVEIRA, M. L. R.; SOUSA, D. R. N. Conflitos Ambientais: Atores, Causas e Desdobramentos na Zona da Mata Mineira. Caminhos de Geografia. v. 13, n. 42, p. 283-299, Uberlândia, 2012. Disponível em

<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/16743/9784>. Acesso em 16 de julho de 2018.

HETZEL, B.; LODI, L. Baleias, Botos e Golfinhos da Baía da Ilha Grande: Resposta e Indicadores Ambientais. Manati, 1996. 49 p. Disponível em

<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/Refer/EnvIndi.htm>. Acesso em 10 de maio de 2013.

IBGE CIDADES. Angra dos Reis. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/angra-dos-reis>. Acesso em 02 de junho de 2018.

_____ . Paraty. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paraty>. Acesso em 02 de junho de 2018.

INEA. Secretaria do Meio Ambiente. Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande: Subsídios à Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro. Rio de Janeiro. Inea, 2015. 242 p. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073532.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=21&uf=33>. Acesso em 10 de junho de 2018.

KRISTENSEN, P. The DPSIR framework. In: Workshop on a Comprehensive/ Detailed Assessment of the Vulnerability of Water Resources to Environmental Change in Africa Using River Basin Approach, p. 1-10, Kenya, 2004. UNEP Headquarters, Disponível em

https://wwz.ifremer.fr/dce/content/download/69291/913220/file/DPSIR.pdf>. Acesso em 15 de julho de 2018.

LIMA, V. M.; COSTA, S. M. F.; RIBEIRO, H. Uma Contribuição da Metodologia PEIR para o Estudo de uma Pequena Cidade na Amazônia: Ponta de Pedras, Pará. Saúde Sociedade São Paulo, v. 26, n. 4, p. 1071-1086, São Paulo, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v26n4/1984-0470-sausoc-26-04-1071.pdf>. Acesso em 06 de janeiro de 2019.

MALTHUS, T. R. Ensaio sobre a População. Ed. Abril Cultural. São Paulo, 1983.

MATOS, R. População, Recursos Naturais e Poder Territorializado: uma Perspectiva Teórica Supratemporal. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 29, n. 2, p. 451-476, Rio de Janeiro, 2012.

MEDEIROS, R et al. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional. Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 2011. 44 p.

MEIER, M. A. et al. Sociedade Moderna Industrial e a Educação Ambiental: Desafios Industriais – Ambientais do COREDE Vale do Rio dos Sinos. Geographia Opportuno Tempore, v. 1, n. 2, p. 348-363, Londrina, 2014. Disponível em

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/20300>. Acesso em 10 de junho de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ministério Apoia Iniciativa BIG 2050. Brasília. 2017. Disponível em <http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=2563>. Acesso em 10 de julho de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Paraty é a Primeira Cidade do Mundo a Implementar o Passaporte Verde. Brasília. Disponível em <http://www.mma.gov.br/informma/item/5105-paraty-e-a-primeira-cidade-do-mundo-a- implementar-o-passaporte-verde>. Acesso em 17 de junho de 2018.

NADAUD, G. C. A. Acesso à Energia Elétrica de Populações Urbanas de Baixa Renda: O Caso das Favelas do Rio de Janeiro. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/nadaud.pdf>. Acesso em 25 de junho de 2018.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews – a synthesis report by the Group on the State of the Environment – Environmental Monographs. n. 83. Paris. OECD. 199339p. Disponível em < http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(93)179&docLanguage=En>. Acess o em 25 de junho de 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Metodologia para la elaboración de los Informes GEO Ciudades: Manual de Aplicación: Versión 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Consorcio Parceria 21, 2002. 165p. Disponível em

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd21/geociudades.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2018.
_____. Metodologia para la elaboração de Relatórios GEO Cidades: Manual de Aplicação. 2. ed. Lomas de Virreyes: Divisão de Avaliação e Alerta Antecipado (DEWA), 2004. 181 p. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4218641/mod_resource/content/1/356_Manual_GEO_Cidades_port.pdf . Acesso em 15 de junho de 2018.

_____. Projeto Geo Cidades: Relatório Ambiental Urbano Integrado. Informe Geo. Rio de Janeiro: PNUMA/MMA/IBAM/ISER/REDEH. 2002. Disponível em

< http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2002GEORiodeJaneiro.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2018.

PRÜSS-USTIN, A., BOS, R., GORA, F.; BARTRAM, J. 2008. Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health. World Health Ooganization, Geneva, 2008, 53 p. Disponível em

<http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/saferwater/en/index.html>. Acesso em 04 de julho de 2018.

RAHMAN, M. M.; RAHMAN, A. M. Prevalence of acute respiratory tract infections and its risk factors in under five children. Bangladesh Medical Research Council Bulletin, v.78, n.5, p.415-422, Bangladesh,1997.

RAZZOLINI, M. T. P.; GUNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. Saúde e Sociedade, v. 17, n. 1, p. 21-32. São Paulo, 2008. Disponível em:

<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/12933/art_RAZZOLINI_Impactos_na_saude_das_deficiencias_ de_acesso_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 02 de julho de 2018.

RIBEIRO, P. J. M.; BARCELLOS, C.; ROQUE, O. C. C. Desafios do desenvolvimento em Miracema (RJ): uma abordagem territorial sustentável de saúde e ambiente. Saúde e Sociedade, v. 22, n. 2, p.575-589, São Paulo, 2013. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902013000200026&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 20 de junho de 2018.

RIO DE JANEIRO. Diretoria de Gestão das águas e do Território (DIGAT). Secretaria de Estado do Ambiente. Projeto BIG. Boletim Águas & Território, Rio de Janeiro, v.6, p.1-10, 2014. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073741.pdf> . Acesso em 10 de julho de 2018.

Secretaria do Estado do Ambiente (Org.). Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro do Estado do Rio de Janeiro. 3. ed. Rio de Janeiro: Inea, 2014. 5p.

_____. Secretarias de Estado do Ambiente, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Abastecimento e Pesca; Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços. Relatório de avaliação da viabilidade ecológica e econômica do Projeto de Ampliação do TAAR/TEBIG. Rio de janeiro, 2012. 46 p.

SANTOS, C. J. et al. Os Desafios e as Oportunidades da Sustentabilidade: um Estudo em uma Empresa do Setor de Engenharia Elétrica Industrial. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v. 5, n. 2, p.75-94, São Paulo, 2015.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. GEO Cidade de São Paulo: Panorama do Meio Ambiente Urbano. São Paulo, 2004, 206 p. Disponível em < http://www.pnuma.org/deat1/PDF's/GEO%20Ciudades/GEO%20Sao%20Paulo-r.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2018.

SISINNO, C. L. S. Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no Estado do Rio de Janeiro: avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para o ambiente e para a saúde humana. 2002. 154p. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em < https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4374>. Acesso em 11 de julho de 2018.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília, 2011, 432 p.

_____.Série Histórica: Angra dos Reis. Brasília, 2016. Disponível em <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/ >. Acesso em 14 de julho de 2018.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <https://www.tce.rj.gov.br/estudos-socioeconomicos1>. Acesso em 10 de julho de 2018.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Human development report 2001 - making news techonologies for humam development (Tradução livre). United Nations Development. Programme. p. 9-10, 2001,. New York. Disponível em

< http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/262/hdr_2001_en.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2018.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (Paraty). Plano Municipal de Saneamento Básico da Prefeitura Municipal de Paraty: Resíduos Sólidos Urbanos. Paraty. 2011. 35 p. Disponível em <www.paraty.rj.gov.br/camaraparaty/painel/paginas.../anexo_6_05042016104951.pdf>. Acesso em 22 de junho de 2018.

VARGAS, H. C. População e Meio Ambiente na Entrada do terceiro Milênio: em Busca de uma Nova Ética. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais. População, globalização e exclusão. 1998. Caxambu. ABEP. Anais. Caxambu, 1998. p. 1-22. Disponível em

<http://fau.usp.br/depprojeto/labcom/produtos/1998_vargas_populameioambiente.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2018.

VASCONCELOS, A. C. F. et al. Pressão Estado Impacto Resposta: um estudo em curtumes artesanais na Paraíba. In: Encontro Internacional sobre Gestão e Meio Ambiente, 2014, Paraíba. Anais, p. 1-15, Paraíba, 2014. Disponível em < http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/412.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2018.

VICTORA, C. G. Factores de Riesgo em las Infecciones Respiratorias Agudas Bajas. In: BENGUIGUI, Y. et al. Infecciones Respiratorias en Ñinos, p. 45-63. Washington DC: Pan American Health Organization. 1996.

Capítulo 4

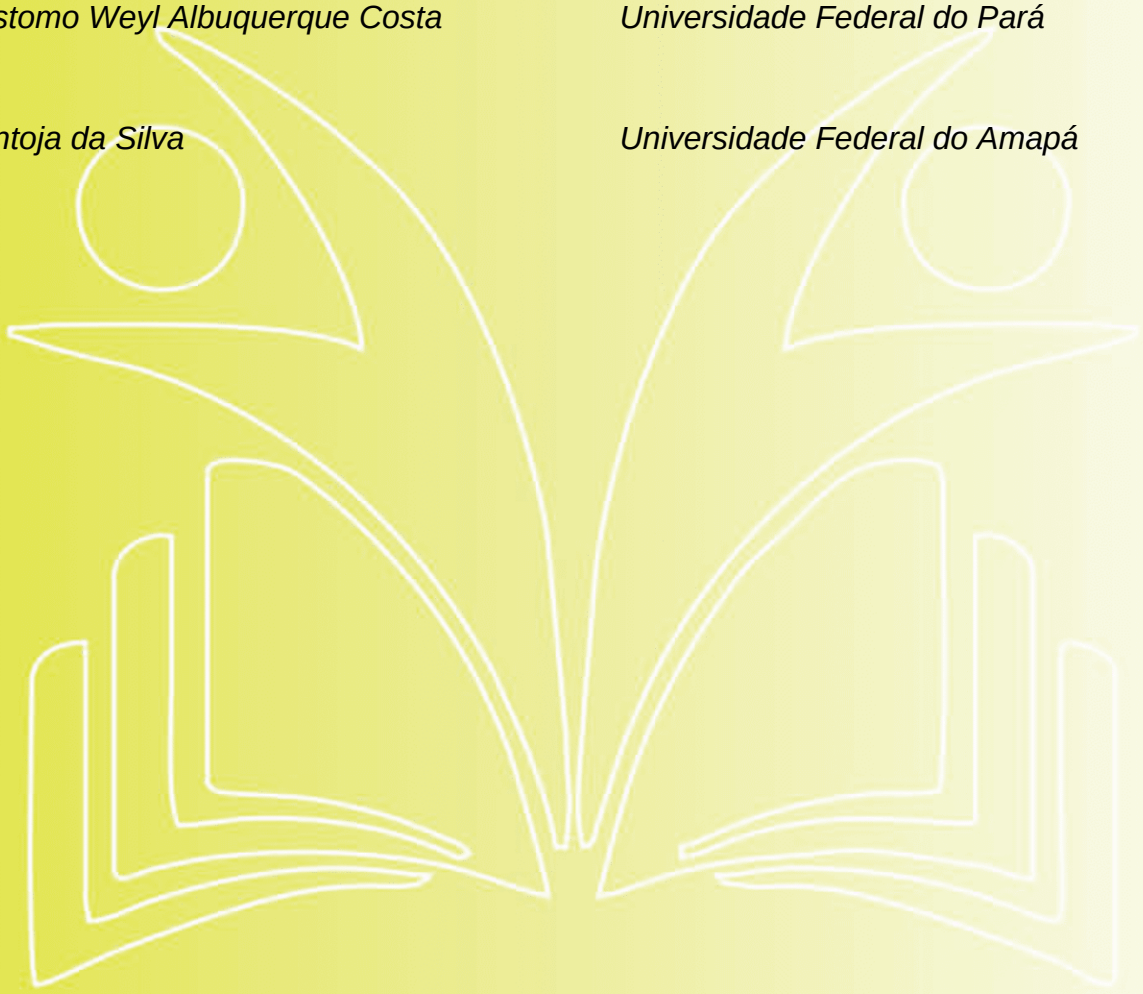
10.37423/230908197

PROJETO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VAZÃO DE ÁGUA UTILIZANDO REDES LORA EM COMUNIDADES ISOLADAS DA AMAZÔNIA

Jucicleber Francisco da Silva Castro — *Universidade Federal do Pará*

João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa — *Universidade Federal do Pará*

Marcus Pantoja da Silva — *Universidade Federal do Amapá*



Resumo: A indisponibilidade de acesso ao saneamento adequado e a água limpa é um fator impactante em todos os aspectos da humanidade, sendo os maiores efeitos nos países economicamente menos desenvolvidos e comunidades marginalizadas.

Além disso, as pressões das alterações climáticas, que levarão à escassez de recursos e a mudanças na qualidade da água, fornecem uma forte base científica e um argumento econômico para a expansão da monitorização aquática. Estes fatores irão impulsionar tecnologias de monitoramento ambiental da água por agências reguladoras, empresas de águas residenciais, agências ambientais, entre outras.

Com a aplicação conceitual da *Low Power Wide Area Networks* (*LPWAN*), onde há integração de muitos sensores de qualidade da água, tecnologia de comunicação sem fios de longo alcance (*LoRa*) e serviços em nuvem de fonte aberta para desenvolvimento de um Sistema de Monitorização da Qualidade da Água, é de grande relevância acadêmica, de mercado e social aprofundar estudos de projetos envolvendo um medidor inteligente de água e outros dispositivos de um sistema de detecção de água, em comunidades isoladas e menos favorecidas economicamente na região amazônica.

O objetivo deste documento é apresentar a concepção de um Sistema de Monitorização do Fluxo de Água utilizando redes *LoRa* (*Long Range*) para comunidades isoladas, para posterior análise de perdas, utilizando um hidrômetro inteligente de fábrica e com o horizonte de estudos posteriores à construção futura de um hidrômetro inteligente de arquitetura aberta.

Palavras-chave: Perdas da Água, Monitoramento da Vazão, *LoRa*, Comunidades Isoladas.

INTRODUÇÃO

Uma preocupação mundial recorrente é a indisponibilidade de acesso ao saneamento adequado e a água limpa. Tal situação é um fator impactante em todos os aspectos na humanidade, onde os maiores efeitos se dão sobre países economicamente menos desenvolvidos e comunidades marginalizadas.

A Organização das Nações Unidas (ONU) trata o tema com extrema relevância para o mundo, tanto que traz em sua agenda global o assunto em seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS6) como diretriz à garantia de disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.

As perdas nos sistemas de distribuição de água nas concessionárias de saneamento são um ofensor crítico ao atendimento do líquido às pessoas. De acordo com o "Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS-2021)", tem–se no Brasil o índice de perdas de água em 40,3 % enquanto que no Estado do Amapá 76,13% e na região Norte em 51,2 % [4].

Tal cenário reforça mais a necessidade da presença forte de investimentos na cobertura de atendimento, assim como em tecnologias inovadoras que contribuam com a qualidade na prestação do serviço.

Em diversas regiões distantes podem-se utilizar tecnologias inovadoras no auxílio do monitoramento da água através de dispositivos que integrem sensores capazes de supervisionar os mesmos aspectos químicos e físicos da água, de maneira análoga a experiência descrita em [2], realizando a transmissão desses dados para centros de análise, com mínima intervenção humana na região controlada.

O conceito de internet das coisas, como sendo um domínio de aplicação de interdisciplinaridade tecnológica utilizando variados dispositivos de sensoriamento e controle interconectados, ganha força como uma ferramenta transformadora de tecnologia social aos serviços básicos de saneamento.

A utilização de sistemas de automação também se mostra incluída como alternativa auxiliadora na medição de parâmetros qualitativos da água como pH, temperatura e turbidez, reduzindo esforços, custos e tempos de resposta ao possibilitar o monitoramento das variações destes parâmetros da água em tempo real [6].

Com aplicação conceitual das Low Power Wide Area (LPWANs), referenciada em [2,5], onde há a integração vários sensores de qualidade da água, tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance (Long Range - LoRa) e serviços de nuvem de código aberto para o desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água, é de grande relevância acadêmica, mercadológica e sócio ambiental, aprofundar estudo de caso quanto a aplicação do conteúdo desta inovação em hardware ,

principalmente envolvendo o hidrômetro inteligente e outros dispositivos de um sistema de sensoriamento de água, em comunidade isolada e menos favorecida economicamente de forma a monitorar remotamente o acesso à água a partir do monitoramento da sua vazão, de forma remota [5].

A partir do presente artigo, pretende-se implementar com eficácia o uso do sensoriamento remoto, fomentando suas aplicações no combate às perdas no fornecimento de água, assim como estimular o uso racional dos recursos hídricos, realizando os estudos necessários de desempenho no monitoramento das perdas num sistema de distribuição de água. Contribuindo assim, de forma pedagógica, no enfrentamento aos desperdícios numa rede de distribuição de água e ao uso racional dos recursos hídricos em comunidades remotas da Amazônia, sugerindo à posteriori um modelo de medidor inteligente open source.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento propõe-se a utilização de equipamentos e tecnologias que são disponíveis no mercado e que tenham custos de aquisição competitivos. Dessa forma, serão utilizados os seguintes materiais listados na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais e Custos de Aquisição**.**

Equipamento	Quantidade	Preço Unitário	Total
Hidrômetro Inteligente	1	R$ 1150,00	R$ 1150,00
Arduino Uno	2	R$ 30,00	R$ 60,00
Módulo *LoRa* 915 MHz	2	R$ 150,00	R$ 300,00
Rapsbery PI 3	1	R$ 600,00	R$ 600,00

O custo com hardware para a implementação do projeto será de R$ 2110,00 (dois mil, cento e dez reais). Haja vista que não há solução comercial completa com as mesmas características propostas, torna-se um custo baixo que poderá ser diluído ao adquirir os componentes em grande escala.

Quanto a aquisição de dados, utilizar-se-á um hidrômetro inteligente que utiliza um sensor ultrassônico para realizar a medição de vazão de água. O sinal gerado pelo hidrômetro é então coletado por um Arduino UNO, que é uma placa de prototipagem que usa o microcontrolador ATMega composto de arquitetura de 8 bits e opera na frequência máxima de 20 MHz, o qual irá processar o sinal, convertendo-o em um valor equivalente da vazão (m/s), além de identificar o hidrômetro que enviou o sinal - data e hora da sua coleta.

Para envio dos dados coletados, será utilizado um módulo *LoRa* que opera a uma frequência de 915 MHz e tem um alcance nominal máximo de 5 km de distância em condições ideais, neste projeto pretende-se que o sinal seja enviado a uma distância de aproximadamente 1 km, o que é bastante factível dado o alcance máximo ideal.

Além disso a *LoRa* permite a comunicação utilizando-se baixíssimo gasto energético, o que é essencial para o projeto, pois a protótipo é desenvolvido para atender comunidades isoladas.

Na outra ponta, tem-se outro módulo *LoRa* que irá funcionar como receptor de sinal que será lido e processado pelo arduíno que irá enviá-lo ao *Rapsberry PI* por meio de sua porta serial.

O papel do *Rapsberry PI*, que é um microcomputador completo, de tamanho reduzido e de baixo custo, é ser um *gateway* que irá inserir os dados em um Banco de Dados *MySQL* o qual terá uma tabela com os campos: identificação do hidrômetro, de data e hora da medição e o campo da vazão cuja descrição pode ser vista na Figura 1 que contém os nomes dos campos e seus tipos.

O banco de dados será hospedado no *Heroku*, que é uma plataforma amplamente confiável como uma oferta de serviço que permite aos desenvolvedores realizar implantação, escalonamento e gerenciamento de aplicativos, juntamente com uma aplicação cujo *backend* será desenvolvido em *Python* e o *frontend* será desenvolvido na linguagem PHP, sendo responsivo, ou seja, a interface se ajustará a qualquer tamanho de tela e o acesso será público. A Figura 2 esboça a relação entre os equipamentos descritos.

Dados	
id_hidrometro	iint
data_hora	timestamp
vazao	double

Figura 1: Modelo da Tabela utilizada para guardar as informações coletadas.

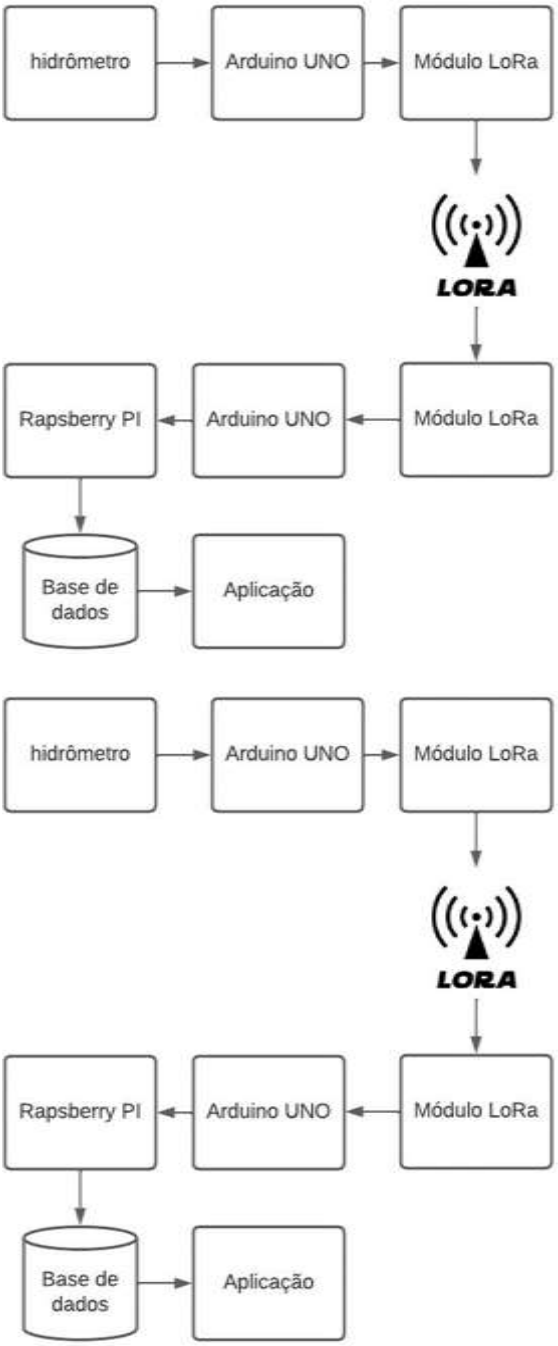


Figura 2: Sistema de Monitoramento.

CONCLUSÕES

O uso do sensoriamento remoto, capaz de executar o monitoramento contínuo de parâmetros físicos e químicos da água, vem aumentando nos últimos anos e oferece solução potencial para alguns dos muitos desafios vigentes nas áreas do saneamento e meio ambiente [3].

O presente trabalho é também uma das aplicações inovadoras no monitoramento da água, já que inovou a aplicação do Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água desenvolvido em [2] que

integrava vários sensores de qualidade de água, tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance (LoRa) e serviços de nuvem de código aberto capaz de monitorar o viveiro de peixes e a qualidade da água a longas distâncias.

A inovação consiste na mudança da aplicação do monitoramento da qualidade da água em um viveiro de peixes para o sensoriamento remoto da vazão de água na distribuição de água usando um hidrômetro inteligente em uma comunidade remota na Amazônia, onde o combate às perdas na distribuição da água não se verificaria de forma tão eficiente.

Será possível também, a partir da implementação do presente protótipo para estudos posteriores, adicionar também outros sensores associados a parâmetros da qualidade da água como turbidez, potencial de acidez, etc.

A partir desta produção científica, tem-se como expectativa ir ao horizonte dos estudos para a modelagem e construção de um hidrômetro inteligente open source.

A inclusão social também é uma contribuição relevante neste projeto, pois, poder-se-ia também, de forma pedagógica, auxiliar os usuários do sistema de distribuição de água em comunidades remotas sobre o uso racional dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIRJANA STANKOVIC ET AL. Uso de tecnologias da 4RI em água e saneamento na América Latina e no Caribe, Nota Técnica Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, Abril 2020.
2. SHENG-TAO CHEN ET AL. Design and Development of a LoRa Based Water Quality Monitoring System. International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), p. 1–2, 2021.
3. KEVIN MURPHY ET AL. A Low-cost Autonomous Optical Sensor for Water Quality Monitoring. Elsevier, 2014 May.
4. INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento - Instituto Trata Brasil, 2023.
5. CUSTÓDIO, GUSTAVO CORREIA DE AQUINO. O Saneamento Básico e a Internet das Coisas: os díspares avanços na cidade de São Paulo. Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, São Paulo, 2021.
6. IGOR FURTADO TARGINO ET AL. Sistema de baixo custo para monitoramento remoto da qualidade da água. Revista Íbero Americana de Ciências Ambientais – RICA, v.12, n.6, p.665-680, 2021.

Capítulo 5

10.37423/230908199

“FATOR K" E BDI DE CONSULTORIA EM ORÇAMENTOS DE ENTIDADES PÚBLICAS: O QUE FAZER?

Hellen Karoline Porfírio de Araújo Andrade — *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*

Valter Cleber Guedes da Rocha Lima — *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*

Ana Beatriz Fidelix Borges — *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*

Laísa Souza Figueira — *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*

Breno dos Reis Marinho — *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*



Resumo: Empresas públicas de saneamento, para realizar contratações de serviços referentes a Engenharia Consultiva, precisam atender as diretrizes indicadas na legislação vigente e definidas pelos órgãos de controle a que estão submetidas. As particularidades deste tipo de contratação tornam esta tarefa ainda mais difícil, uma vez que envolvem serviços por vezes subjetivos e que têm os recursos humanos como peso preponderante nas atividades desenvolvidas ou produtos entregues. A produtividade dos profissionais e consequentemente seus coeficientes de produção irão variar em função do conhecimento técnico e capacitação de cada indivíduo, dentre outros fatores. A metodologia do “fator k” e TRDE para cálculo do preço estimado destes serviços vem sendo bastante difundida, sendo utilizada em análises de órgãos de controle e em contratações de órgãos públicos, além de há tempos ser recomendada nas literaturas técnicas direcionadas à área. Atualmente, se observa a adoção de um BDI específico para serviços de consultoria em detrimento da metodologia do “fator k”. O Dnit é o principal exemplo que, para atender ações de controle interno e externo, reformulou sua metodologia para definição de custos referenciais para Engenharia Consultiva. Tal reformulação engloba a implementação do BDI referente a Engenharia Consultiva. Sendo assim, o presente trabalho busca construir um comparativo entres as duas metodologias (“fator k” e BDI de consultoria), por meio da elaboração de orçamento hipotético e simplificado, onde as duas metodologias são aplicadas e confrontadas. Os resultados obtidos mostram que a opção da aplicação do BDI de consultoria, para o estudo de caso, se mostra mais vantajosa em relação à metodologia do “fator k”, implicando um menor preço de venda, além de benefícios relacionados a convergência e unificação metodológica voltadas à orçamentação dos demais serviços e obras relacionados ao saneamento dentro de uma Entidade Pública.

Palavras-chave: Engenharia consultiva, BDI de Consultoria, “fator k”, orçamento, empresa pública

INTRODUÇÃO

As empresas públicas de saneamento, dentro de seu campo de atuação, por vezes precisam realizar contratações no campo da Engenharia Consultiva relacionadas à fiscalização e gerenciamento de obras ou elaboração e análise de projetos ou estudos ambientais. A elaboração de orçamentos com custos condizentes com as peculiaridades inerentes ao setor consultivo, podem resultar em diferentes formas de orçar. No caso das entidades públicas essa tarefa se torna ainda mais difícil, pois seus orçamentos de referência necessitam constantemente estar alinhados às diretrizes indicadas na legislação vigente e pelos órgãos de controle.

A metodologia do “fator K” e TRDE para cálculo do preço estimativo de serviços consultivos vem sendo utilizada de maneira frequente ao longo dos anos. De maneira simplista, o método consiste na aplicação de coeficientes multiplicativos sobre cada uma das parcelas do custo direto (recursos humanos, despesas diretas e serviços de apoio técnico), possibilitando a obtenção do preço de venda, contemplando as despesas indiretas, os tributos e o lucro.

Tal metodologia é bastante difundida nas análises de órgãos de controle externo e nas contratações de vários órgãos públicos. TCU (2014) aponta a utilização do “fator k” e TRDE como uma forma apropriada de se obter orçamentos de serviços de engenharia consultiva. Diversas literaturas técnicas direcionadas à área também precificavam os serviços de Engenharia Consultiva considerando a metodologia do “fator K”. Baeta (2012), por exemplo, aponta e descreve tal metodologia. Sinaenco (2011) também aponta o uso de multiplicadores (“fator K”) como forma de transformar os custos diretos em preços de venda de serviços do setor.

Porém, alterações neste cenário têm sido observadas atualmente. A adoção de um BDI específico para serviços de consultoria em detrimento da metodologia do “fator K” vem se tornando uma realidade. Em 07 de março de 2012, o Dnit publicou a Instrução de Serviço da Diretoria Geral nº 03 (DNIT, 2012) com vistas a oficializar sua Tabela de Preços de Consultoria como referência para orçamentos de engenharia consultiva. Esta tabela apresentava valores relativos ao “fator K”, dentre outros custos. Em 21 de agosto de 2020, por meio da Resolução n°11/2020 (DNIT, 2020), o órgão institui sua nova Tabela de Preços de Consultoria e dentre outras mudanças introduz um BDI específico de consultoria. Segundo os Manuais de Custos de Engenharia Consultiva (DNIT, 2021), tais mudanças foram feitas visando atender ações de controle interno e externo, bem como uniformizar as metodologias vigentes voltadas à orçamentação de serviços e obras contratados pelo Dnit, minimizando assim eventuais

conflitos entre elas. O TCU, que por vezes solicitou revisões nas tabelas anteriores de custos do Dnit, ainda não se manifestou quanto a aplicação do BDI de consultoria.

OBJETIVO

Conforme o próprio TCU aponta, orçar trabalhos especializados de engenharia consultiva é tarefa com razoável grau de incerteza, pois são atividades que envolvem um grande esforço intelectual e criativo, que será variável inclusive em função das características pessoais do profissional que realiza o trabalho.

Quanto à metodologia de orçamentação, ficou consagrada a recomendação do TCU (2014) de ser mais adequada a adoção da metodologia do “fator K” e TRDE em detrimento da utilização do BDI na formação de preços de serviços de consultoria.

É bem verdade que esta recomendação existia à época por não haver em nenhum órgão federal, inclusive no Dnit, um BDI de Consultoria entendido como válido. Muitas foram as tentativas do TCU (Acórdão 98/2011 – TCU-Plenário, Acórdão 629/2011-Plenário, Acórdão 1570/2016-Plenário, Acórdão 1560/2019-Plenário) para que o Dnit revisasse seus sistemas de custos (Sicro, Sicro 2, Sicro 3) para sanar tanto esta problemática, como também outras relacionadas a sobrepreços em taxas e encargos.

Entende-se que grande parte das demandas solicitadas pelos Acórdãos foram sanados pelo Dnit em 2017, com a publicação do Novo Sicro, e em 2021, com publicação da Resolução nº 11, de 21 de agosto de 2020, que institui a Tabela de Preços de Consultoria do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Esta, por sua vez, ainda não analisada pelo TCU.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo inicial pontuar as práticas atuais de orçamentação de serviços de engenharia consultiva no âmbito das empresas públicas de saneamento, apresentando uma proposta de BDI de Engenharia Consultiva tomando como base aquele elaborado pelo Dnit, com algumas alterações que foram realizadas a fim de torná-lo mais aderente às orientações dos órgãos de controle. Serão também estabelecidos os coeficientes multiplicadores para adoção da metodologia do “fator K” e TRDE e posteriormente será estabelecido um comparativo entre os dois métodos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins de elaboração das parcelas constituintes da metodologia do “fator K”, foram consideradas indicações do TCU (2014).

Ademais, os coeficientes multiplicadores (“fator K” e TRDE) foram obtidos conforme equações 1 e 2, demonstradas a seguir.

K = (1+K1+K2) x (1+K3) x (1+K4) equação (1)

TRDE = (1+K3) x (1+K4) equação (2)

Sendo:

K1: encargos sociais incidentes sobre a mão de obra;

K2: administração central da empresa de consultoria (ou overhead);

K3: remuneração bruta da empresa de consultoria; e

K4: fator relativo aos tributos incidentes sobre o preço de venda, dado pela equação K4 =1/(1-I), em que “I” são os referidos tributos.

Para definição dos parâmetros K adotaram-se os valores utilizados pelo Dnit e Codevasf e publicados em “Orientações para Elaboração de Planilhas Orçamentárias de Obras Públicas” (TCU, 2014). Não foram efetuados ajustes ou alterações nestes dados. Também foram considerados parâmetros definidos por uma terceira entidade aqui denominada de “Empresa Pública Genérica”, a fim de considerar opção comparativa com dados mais recentes, tendo em vista que as informações disponibilizadas na bibliografia do TCU datam de 2014. No caso dos dados do Dnit, os valores dos coeficientes multiplicadores se repetem até a última publicação da antiga tabela de preços de consultoria, em 2020. Os parâmetros K estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Comparativo de parâmetros referenciais para o fator K

Órgão/Entidade	Fator K1	Fator K2	Fator K3	Fator K4
Dnit	84,04%	30%	12%	16,62%
Codevasf	77,25%	25%	10%	16,62%
Empresa Pública Genérica	70,03%	20%	8%	10,38%

Especificamente, para o cálculo do BDI foi considerada a equação que a Jurisprudência do TCU entende ser a que melhor traduz a incidência das rubricas do BDI, conforme equação 3.

$$\mathbf{BDI} = \left[\frac{(1+(AC+S+R+G))x((1+DF)x(1+L))}{(1+I)} - 1\right] x\ 100 \qquad \text{Equação (3)}$$

Sendo:

AC: Taxa de rateio da administração central;

R: Corresponde aos riscos;

S: Taxa representativa de Seguros;

G: Taxa que representa o ônus das garantias exigidas em edital;

DF: Taxa representativa das despesas financeiras;

L: Corresponde ao lucro/remuneração bruta do construtor; e

I: Taxa representativa dos tributos incidentes sobre o preço de venda (PIS, COFINS e ISS).

Para definição das parcelas da proposta do BDI de consultoria, foi adotado como referência o BDI da Tabela de Preços de Consultoria do Dnit (mês de referência abril de 2022), com algumas adequações.

Dessa forma, na proposta do BDI de consultoria, as parcelas referentes a administração central, despesas financeiras, riscos, garantias contratuais e lucro foram adotadas iguais ao BDI de consultoria do Dnit. Na parcela referente aos tributos não foi adotado o mesmo percentual já que se entende do direito de compensação do regime não cumulativo nas alíquotas de COFINS e PIS, resultando em alíquotas efetivas de COFINS = 6,08% (7,60% x 0,8) e PIS= 1,32% (1,65% x 0,8). Tal pressuposto coaduna com o Manual do TCU, 2014.

As duas metodologias descritas foram aplicadas em um mesmo orçamento hipotético, a fim de avaliar os possíveis impactos decorrentes da utilização do BDI de consultoria em detrimento da metodologia do “fator K”.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A partir do detalhamento apresentado foram obtidos os parâmetros de “fator K” e TRDE conforme Tabela 2. A partir dos valores de K1, K2, K3 e K4 (Tabela 1) e aplicando-os as equações 1 e 2 foram obtidos os percentuais finais do “fator K” (para profissionais com vínculo e autônomos separadamente) e TRDE.

Tabela 2: Parâmetros obtidos para o “fator K” e TR

Órgão/Entidade	Fator K1	Fator K2	Fator K3	Fator K4	fator K	fator K (Consultores)	TRDE
Dnit	84,04%	30%	12%	16,62%	2,7957	1,9592	1,3061
Codevasf	77,25%	25%	10%	16,62%	2,5945	1,8601	1,2828
Empresa Pública Genérica	70,03%	20%	8%	10,38%	2,2711	1,6732	1,1951

DE.

A Figura 1 detalha o BDI de consultoria elaborado a partir das diretrizes discutidas no tópico de metodologias adotadas.

Sobre BDI do Dnit é importante ressalvar que para as alíquotas de ISS, PIS e Cofins são adotados 5%, 1,65% e 7,6% respectivamente, sem considerar o direito de compensação do regime não cumulativo. TCU (2014) sugere 1,32% e 6,08% para PIS e Confins, respectivamente. Tal sugestão foi realizada no cálculo do BDI de consultoria adotado neste estudo.

Custos Indiretos	**8,45%**
Administração Central[1]	6,90%
Garantia + Seguro[1]	0,10%
Risco[1]	0,50%
Despesas financeiras[1]	0,95%
Tributos	**9,40%**
COFINS[2]	6,08%
PIS[2]	1,32%
ISS[2]	2,00%
Lucro	**8,28%**
Lucro[1]	8,28%
BDI	**29,70%**

[1] Percentuais adotados conforme BDI de consultoria do DNIT

[2] Adotado o critério de cálculo em que se estima em 20% os créditos a compensar e a alíquota efetivamente recolhida de COFINS adotada será de 6,08%, calculada da seguinte forma: 7,6% x 0,80 = 6,08%

Figura 1: Detalhamento da proposta de BDI de consultoria

Foi definido um orçamento genérico e simplificado, onde a mão de obra tem peso preponderante, caraterística típica deste tipo de contratação. No orçamento, foram definidas as categorias profissionais, seus quantitativos e seus respectivos salários base. Para o caso hipotético, adotou-se que o consultor seria profissional sem vínculo. Foi aplicado o BDI de consultoria para obtenção do preço final em um dos cenários. Nos outros três, foi aplicado a metodologia do “fator k” com os dados do Dnit, Codevasf e Empresa Pública Genérica, apresentados na Tabela 2.

A Figura 2 apresenta o orçamento, com os respectivos custos e preços unitários mensais, após a aplicação das duas metodologias.

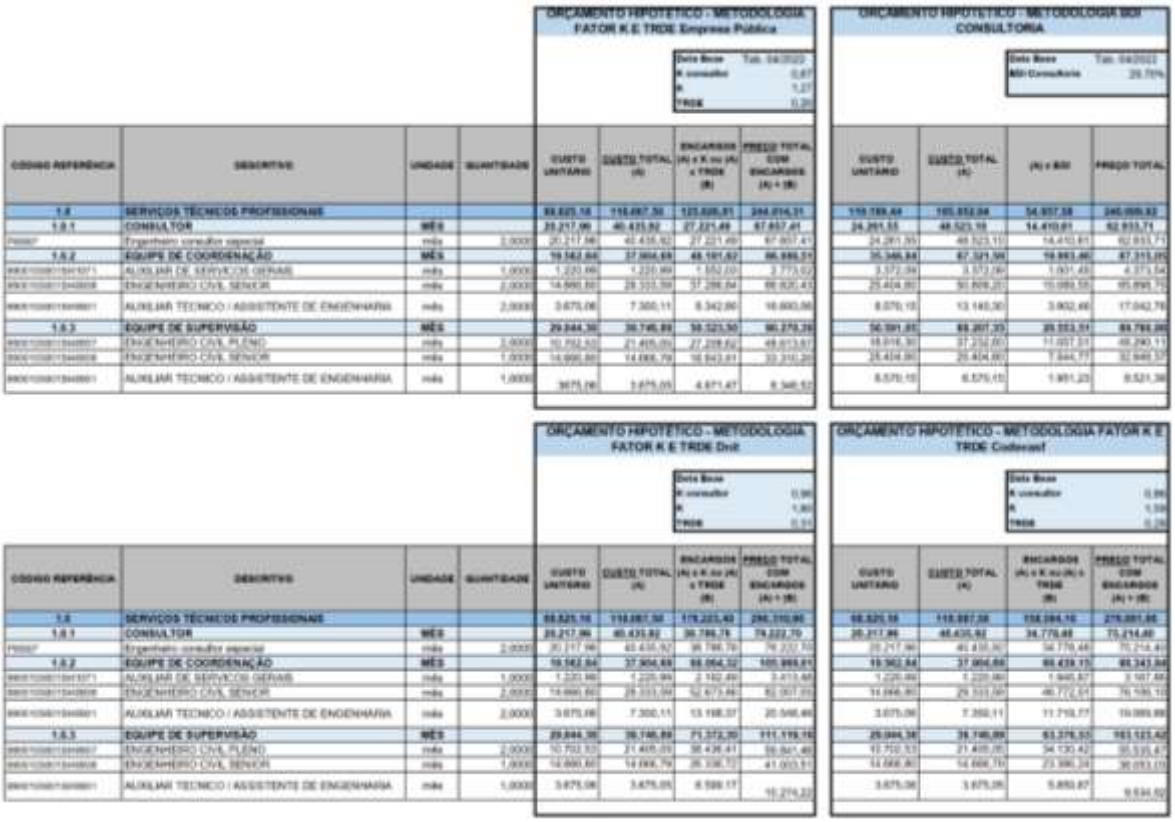


Figura 2: Orçamento hipotético, com aplicação das duas metodologias de precificação.

No exemplo considerando a metodologia do “fator K”, sobre os valores dos salários base (sem encargos sociais e complementares) se fez incidir os encargos sociais de K1 apresentados na Tabela 2. Sobre o salário do engenheiro consultor se fez incidir apenas os 20%. No exemplo que considera o BDI de consultoria, os custos de mão de obra já contemplam o encargo social de 70,03% e os devidos encargos complementares publicados pelo Sinapi. Destarte no caso do consultor, foi substituído o encargo social de 70,03% por 20%.

Cabe ressaltar que na nova tabela de mão de obra de consultoria do Dnit são aplicados os encargos sociais considerando o regime de trabalho mensalista de acordo com a legislação vigente, inclusive no caso do Engenheiro consultor. No entanto, é feita a ressalva de que a partir da modelagem de contratação do profissional autônomo, deve-se incorporar somente os gastos previdenciários aos salários.

A Figura 3 apresenta o resumo com o preço total do orçamento para as duas possibilidades metodológicas, “fator K” e BDI de consultoria.

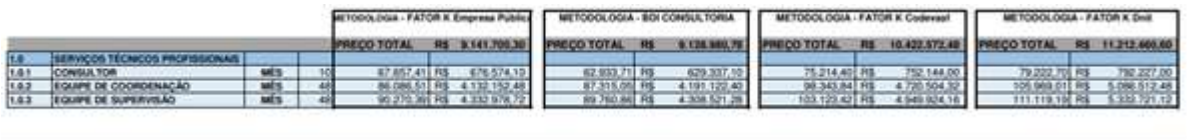


Figura 3: Resumo com o preço total do orçamento para as duas possibilidades metodológicas.

ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir dos resultados demostrados, após a aplicação das duas metodologias, foram obtidos os preços totais conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Comparativo do preço total do orçamento hipotético aplicando a metodologia fator K e a metodologia do BDI de Consultoria.

	“fator k” e TER			BDI de Consultoria
	Codevasf	Dnit	Empresa Pública Genérica	
Preço Total	R$ 10.422.572,48	R$ 11.212.460,60	R$ 9.414.705,30	R$ 9.128.980,78

Pode-se observar que os preços totais finais do orçamento hipotético aplicando a metodologia do “fator K” e TRDE, para os coeficientes Codevasf, Dnit e Empresa Pública Genérica ficaram superiores ao da metodologia do BDI de Consultoria. A diferença gerada foi de cerca de 14% (no caso dos coeficientes Codevasf), 23% (no caso dos coeficientes Dnit) e 0,14% (no caso dos coeficientes Empresa Pública Genérica).

Comparativamente, os coeficientes do “fator k” e TRDE da Empresa Pública Genérica são inferiores aos adotados pelo Dnit e Codevasf, resultando obviamente no menor preço final de orçamento. Desta forma, os resultados considerando o BDI de Consultoria e o “fator k” para a Empresa Pública Genérica se mostram mais discretos (apenas 0,14%). Em outras palavras, o preço final do orçamento adotando BDI de consultoria se mostra bem próximo ao preço final aplicando o “fator k” da Empresa Pública Genérica. A similaridade dos resultados se justifica, em parte, pela adoção do mesmo percentual de encargos sociais na mão de obra nos dois casos. Conforme dito anteriormente, no exemplo considerando a metodologia do “fator K” da Empresa Pública, sobre os valores dos salários base (sem encargos sociais e complementares) se fez incidir os encargos sociais de 70,03% (referente ao K1). Também no exemplo que considera o BDI de consultoria, já foi agregado o encargo social de 70,03% ao custo unitário de cada mão de obra. Em resumo, os coeficientes multiplicadores adotados para o caso da Empresa Pública são mais próximos aos índices adotados no BDI de consultoria proposto, não

somente no que se refere aos encargos sociais, mas também no tocante aos tributos, administração central e lucro.

A diferença se mostra mais discrepante no caso do “fator k” calculado a partir dos coeficientes do Dnit e da Codevasf (14% e 23%, respectivamente). Nestes casos, os coeficientes foram repetidos conforme sua fonte de origem, apenas a título comparativo. As parcelas relativas aos encargos sociais, Overhead e lucro são superiores as consideradas nos coeficientes multiplicadores do caso considerando a Empresa Púbica Genérica, resultando em “fator k” mais elevado e consequentemente maiores preços finais do orçamento.

CONCLUSÕES

A adoção do BDI em obras e serviços de engenharia por parte do Dnit encontra guarida no Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013, em especial seus arts. 3º e 4º. Com amparo no referido Decreto, é que foi editada a Resolução nº 11, de 21 de agosto de 2020 do Dnit, a qual possibilita a adoção da metodologia BDI para serviços de Engenharia Consultiva, em detrimento da metodologia “fator K”. No entanto, a ressalva legal foi somente para os serviços relacionados a infraestrutura de transportes. Para os demais serviços de engenharia consultiva, permanece o entendimento de se aplicar a metodologia “fator K”, uma vez que ainda não foi realizada análise por órgão de controle.

Sobre BDI de referência do Dnit é importante ressalvar que as alíquotas referentes aos tributos aparentam não considerar o direito de compensação do regime não cumulativo. Como na cartilha “Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas” o TCU sugere 1,32% e 6,08% para PIS e Confins, respectivamente, tal sugestão foi realizada no cálculo do BDI de consultoria adotado neste estudo.

Comparando as duas metodologias, no orçamento hipotético, observa-se que o BDI de consultoria resultou em uma contratação mais barata quando comparado ao “fator K” e TRDE. Um dos motivos da redução do preço de contratação decorre do fato do Dnit ter substituído o fator K2 (Overhead) de 30% por uma administração central de 10%.

A vantajosidade da adoção do BDI de consultoria não se resume apenas na redução do preço de contratação. A aplicação do BDI traz conceitos que se assemelham aos aplicados em muitos sistemas de orçamentação. No caso prático de empresa pública específica de saneamento, que possui sistema próprio de orçamento, de onde são retirados os itens (serviços e insumos) que são utilizados nos orçamentos referenciais de suas licitações, a metodologia do BDI já é aplicada para precificação dos

demais orçamentos, o que significa que tal adoção garante uma solução mais ágil, eficiente e econômica. Além disso, torna os processos internos mais ágeis e integrados, uma vez que facilitaria a concentração dos trabalhos em único sistema de orçamentação da empresa. Em resumo, gera melhorias relacionadas a integridade, confiabilidade, rastreabilidade e consistência de dados, além de evitar a existência de valores com significados diferentes.

A proposta do BDI de consultoria adotada neste trabalho se mostra vantajosa em relação à metodologia consagrada do “fator k”. Além disso, considerando as incertezas decorrentes da estimativa do quantitativos das horas-técnicas de trabalho de cada profissional, o próprio TCU recomenda que o preço de venda apurado pela metodologia do “fator K” e TRDE seja confrontado com outros métodos de orçamentação.

Por fim, ainda é necessário esperar posicionamento dos órgãos de controle externo quanto à possibilidade da adoção do BDI de Engenharia Consultiva proposta pelo Dnit de forma literal ou a possibilidade da adoção deste mesmo BDI com alterações. O TCDF se posicionou recentemente a respeito de consulta realizada por Companhia de Saneamento Ambiental (Caesb), na qual foi requerido esclarecimento quanto à possibilidade de adoção do BDI de Engenharia Consultiva aqui proposto em detrimento da metodologia do Fator “k”. Em parecer constante no Processo Nº 00600-00000841/2023-43-e, o Tribunal deliberou que a Companhia poderá adotar o BDI de consultoria proposto, desde que seja garantida a vantajosidade para Administração e mantendo-se a competitividade dos certames. Alertou ainda a Companhia quanto a necessidade de se inteirar de forma diligente de todas as atualizações implementadas no bojo da “RESOLUÇÃO Nº 11, DE 21 DE AGOSTO DE 2020”, efetuadas tanto por parte do DNIT quanto por deliberação do TCU e do TCDF. Determina também que nos primeiros dois anos de adoção do BDI nas contratações de engenharia consultiva e/ou quando houver alteração dos percentuais indicados na consulta, seja feita a verificação se a metodologia do Fator K resulta em estimativa orçamentária similar à referente ao BDI. Tal posicionamento vem corroborar que tal tema é atual e crescente, no entanto ainda é passível de estudos que consolidem a prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baeta, André Pachioni, Orçamento e controle de preços de obras públicas, 1° Edição. São Paulo: Editora Pini, 2012.

2. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Instrução de Serviço/DG nº 03, de 07 de março de 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/preco-deasfalto/InstruodeServioN032012.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023.

3. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Instrução Normativa nº 11, de 21 de agosto de 2020. Institui a Tabela de Preços de Consultoria do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/engenharia-consultiva/tabela-de-precos-de-consultoria-resolucao-no-11-2020/tabela-de-consultoria/resolucao-11-2020.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023.DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.

4. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Tabela de Consultoria do DNIT – Mão de obra, versão 1.0, outubro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/engenharia-consultiva/tabela-de-precos-de-consultoria-resolucao-no-11-2020/tabela-de-consultoria/Resoluon11.2020ModeObra.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023.

5. DNIT, Relatório de Custos Gerais e Benefícios e Despesas Indiretas - BDI, Brasília, abril de 2022. Disponível em: < https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/engenharia-consultiva/tabela-de-precos-de-consultoria-resolucao-no-11-2020/tabela-de-consultoria/2022/abril/abril-2022>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023.

6. SINAENCO – Sindicato da Arquitetura e Engenharia, Cartilha “Roteiro de preços – Orientações para composição de preços de estudos e projetos de arquitetura e engenharia, 2011

7. Tribunal de Contas da União, Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas, 2014

Capítulo 6

10.37423/230908211

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON MARINE MAMMALS AT URUSSUQUARA BEACH-ESA FTER THE FUNDÃO DAM'S FAILURE

Cleber Vinicius Akita Vitorio — *Helium Corp Engenharia*

Oscar Rocha Barbosa — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ*

Patrícia dos Santos Matta — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Raphael do Couto Pereira — *Troy University (EUA)*

Tatiana Santos da Cunha — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Tetyana Gurova — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Josimar Ribeiro de Almeida — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Resumo: A orla costeira do Espírito Santo apresenta uma biodiversidade rica e pouco investigada, portanto, torna-se importante a realização de levantamentos detalhados sobre sua fauna marinha, a fim de combater e minimizar possíveis impactos futuros ou em curso decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, em especial, a praia de Urussuquara, um dos últimos locais atingidos pela pluma contaminante originada na barragem de Fundão em Mariana-MG. Assim, o levantamento dos mamíferos marinhos foi realizado pelo método de Prospecção de Carcaças e Expedição e Observação de Carcaças e concluiu-se que existe um efeito negativo nas espécies que vivem nesta região devido ao rompimento da barragem e outras atividades antrópicas.

Palavras-chave: impactos ambientais, mamíferos marinhos, represa de Fundão

I INTRODUCTION

Espírito Santo State has gone through many economic exploration and production cycles. Due to these causes and facing the uncontrolled urban expansion and the establishment of industrial, real estate, and port ventures (Silva *et al*., 2018), its marine and estuarine ecosystems were gradually eliminated and discharacterized. As a consequence, many aquatic faunal species appear on the List of Endangered fauna of Espírito Santo State, as well as on the national (MMA) and international (IUCN) lists, classified in different endangerment categories or even regarded as extinct.

The levels of xenobiotic compounds dumped into marine environments provoke the destruction of various aquatic habitats, from the photic to the aphotic zones, hence affecting the entire marine trophic web. Such fact has contributed to the generation of environmental disequilibrium, affecting sea ecosystems beyond the levels of stability, resistance, and resilience (Silva *et al*., 2019).

Aquatic mammals are on the top of the trophic chains and can provide important information about the environmental quality (Lodi &Borobia, 2013). The deepening of the knowledge about aquatic mammals can support innumerable decisions in the area of conservation and sustainable management of natural resources. Such studies are difficult to perform given the environment that they occupy. Since direct and continuous observation of the animals and their behavior can rarely be performed, several methodologies have been developed to understand the biology and the ecological relationships of these animals. We mention as examples the cruise ships and overflights of visual monitoring, passive and active detection (Lodi *et al*, 2015; Simão*et al*., 2002), genetic material collection (Tardin*et al*., 2008).

Concerning the paradox of biodiversity conservation and the establishment of potentially polluting ventures, the municipalities of São Mateus-ES and Linhares-ESstand out, located at the Espírito-Santense north coastal Mesoregion (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). In this region, the previously Mata Atlântica area retreated for eucalyptus monoculture, husbandry, and to the various cultures present in the municipalities, like coffee, coconut, and black pepper, besides an uncontrolled real estate expansion.

In parallel, the coastline of these cities have many threatened species, of marine mammals, standing out the cetaceous *Megaptera novaeangliae* (humpback whale), *Eubalaenaaustralis* (southern right whale), *Physeter macrocephalus* (sperm whale), *Balaenoptera acutorostrata* (common minke whale), *Kogiabreviceps* (pygmy sperm whale), *Peponocephalaelectra* (melon-headed whale),

Pontoporiablainvillei (La Plata dolphin), *Sotaliaguianensis* (Guiana dolphin), *Tursiops truncatus* (common bottlenose dolphin), *Steno bredanensis* (rough-toothed dolphin), *Stenella frontalis* (Atlantic spotted dolphin), *Stenellalongirostris* (spinner dolphin), *Sotaliafluviatilis* (tucuxi) (Félix, 2011; Lodi &Borobia, 2013; Simão*et al*., 2000). From all recorded species, among the small cetaceous, two of them stand out, namely *Pontoporiablainvillei* and *Sotaliaguianensis*. Regarding the pinnipeds, there are no reproductive colonies in Brazil, however, they perform typical post-reproductive seasonal movements, especially between the winter and spring months, and, during this period, they frequently use the south and southeast coasts of Brazil as a rest area between their displacements (Prado *et al*., 2016). Seven pinnipeds species have been recorded along the Brazilian coastline (ProjetoBotoCinza, 2013), however, at Espírito Santo State, near the northern coast, occurrences of the *Mirounga leonina* (southern elephant seal) species are recorded, specifically to the municipalities of Linhares and São Mateus.

In 2015 happened the failure of the Fundão dam of the mining company Samarco, located 35 kmfrom the center of the Brazilian municipality of Mariana-MG, in which approximately 16 thousand Olympic swimming pools of mining waste percolated and span for about 800 km on the Doce River, between Minas Gerais and Espírito Santo. Linhares was the last municipality affected by the mining wastes, where the Doce River drains into its mouth (Silva *et al*., 2018). At the region of Urussuquara and Barra Seca, located between the municipalities of Linhares and São Mateus, major aquatic biota mortality took place in January 2016, especially of representatives of ichthyofauna, malacofauna, and carcinofauna, when an untimely wind blow brought the fir mass of particulate arisen from the mining wastes of Mariana-MG (Centro Tamar, 2016).

The protection, management, and marine conservation are based on public policies for the sustainable management and use of natural resources, according to various international agreements made by the Brazilian Government as well as following the principles and fundamentals of the national environmental policy (Lodi &Borobia, 2013). It is necessary that the government decisions are based on information produced by the scientific community, and that such information is produced in a continuous and standardized manner.

Given all these deleterious impacts on the estuarine and marine ecosystems at Linhares and São Mateus, the seasonal monitoring of cetaceans and pinnipeds at the Urussuquara beach, which localities were reached by the contaminants plume, generated by the failure of the dam. It was verified that the ecosystem of this region was negatively impacted by the input of contaminants from the

dam's failure. Besides that, other impacts were observed, such as the installation of gill nets at feeding and nursery zones of marine mammalians, illegal dumping of solid waste, and *in natura* effluents on the regional aquatic ecosystems.

MATERIALS AND METHODS

II MATERIALS AND METHODS

STUDY AREA CHARACTERIZATION

The Urussuquara beach is located on the border between the municipalities of Linhares and São Mateus. The study area corresponds to the totality of the Urussuquara beach (Figure 1), with a sampling space of 149.3 ha, from which 60.8 ha are flooded restinga, 41.4 ha are degraded grassland, 31.3 ha are restinga dense woods, 15.8 ha are restinga open woods, and 0.4 ha are restinga herbaceous formation, typical of the restinga ecosystem (Figure 1).

Figure 1. Map of soil cover at the Urussuquara beach.



Source: Helium Corp Engenharia.

The climate is characterized, according to Köppen and Geiger, as Am (tropical monsoon climate) at São Mateus, and Aw (tropical savanna climate) at Linhares, presenting average annual temperature

around 24.2° C, dry and moderate winter, and rainy summer with high temperatures(Silva *et al*., 2019).The warmest month, February, presents an average temperature of approximately 26.6° C. Autumn and spring are transition seasons. The pluviometric index is around 1240 mm, being November the month with higher precipitation. Comparing the driest month with the rainiest one, there is a difference in precipitation of 120 mm. The mean temperatures vary over 4.5° C along the year (Silva *et al*., 2018).

CARCASS PROSPECTING AND EXPEDITION AND OBSERVATION METHOD

Four campaigns were performed, for the 4 sampling seasons, each with a ten days duration on the field, with a sampling effort of 5h per day, in a total of 50 h of effort per campaign, being the first one conducted by the end of August 2017, the second by the end of November 2017, the third at the beginning of February 2018, and the fourth by the end of May 2018.

Aiming at the search for marine mammalian carcasses over the entire Urussuquara beach shoreline, quadricycles, TASCO (08 x 25) field glasses, a Garmin 64S GPS, field notebooks and forms, were used by the team of scientists and researchers from Helium Corp Engenharia. The carcasses, whenever possible, were collected and stored in drums with 90 % formaldehyde. In cases when the animal collection was not possible, samples that allowed the taxonomic identification were collected, recording the georeferenced photographs, while the identification and the final storage were performed at the zoology laboratory of the Federal University of Espírito Santo (UFES).

EXPEDITION AND OBSERVATION OF MARINE MAMMALS

Two cruise trips were conducted on the sea, for each sampling season, considering good conditions of the climatic variables for their undertaking, with a sampling effort of 16 h per trip, in a total of 32 h of sampling effort per campaign, which had as a major objective the interception of marine mammals offshore (Figure 2).

The observational sampling effort on the continent was 5 h per campaign day, in a total of 50 h of sampling effort. On the sea, random routes were performed, until one or more individuals were spotted. Once sighted, the ship would approach at reduced speed, so as to not interfere much with the activities performed by the animals, keeping a minimum distance of 15 m.

The observer was placed at the ship's bow, where data was collected with a photographic camera and georeferenced with the aid of a GPS.

Figure 2. Observation made on the ship searching for cetaceans (Lat-19.379172 Long -39.153096).



Source: Helium Corp Engenharia.

Besides that, interviews were conducted, in order to obtain qualitative data about the occurring species at each sampling season. Fishermen from local communities and representatives responsible for the monitoring of the fauna in the Beaches Monitoring Project (PMP-PETROBRAS), by the Scitech company.

III RESULTS AND DISCUSSION

INVENTORY AND MONITORING OF MARINE MAMMALIAN CARCASSES

During the inventory and monitoring of carcasses, 4 specimens were recorded for the Urussuquara beach, listed in Table 1, from which 3 were *Megaptera novaeangliae*calves, and one of the critically endangered species *Pontoporiablainvillei*. An example of the found carcasses can be seen in Figure 3, a humpback whale calfin advanced putrefaction state, and a vertebra of a prepubertal juvenile humpback whale.

Table 1. Inventory list of marine mammalians occurring at the Urussuquara beach. Legend:Status – MMA: VU (vulnerable), CR (critically endangered); IUCN: LC (least concern), VU (vulnerable), NT (near threatened); IEMA: VU (vulnerable), EP (endangered), NE (no data); CITES Appendix I (threatened with extinction species, which trade will only be permitted under exceptional cases).

Date	Family	Species	Latitude	Longitude	Time	Status (MMA| IUCN| IEMA| CITES)
Carcasses sampling						
Winter						
09/05/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.01889335	-39.73011374	09:48	VU; LC; VU; I
Spring						
11/29/2017	Pontoporiidae	*Pontoporiablainvillei* (Gervais& d'Orbigny, 1844)	-19.05389100	-39.72495900	07:00	CR; VU; EP; I
12/02/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.06555600	-39.72276600	09:11	VU; LC; VU; I
12/03/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.06976800	-39.72227800	10:13	VU; LC; VU; I
SamplingbySight						
Winter						
08/31/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.06730975	-39.61395264	07:55	VU; LC; VU; I
08/31/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.08109.985	-39.57163811	08:15	VU; LC; VU; I
08/31/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.0527684	-39.57661629	08:16	VU; LC; VU; I
08/31/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.03907702	-39.58502769	08:16	VU; LC; VU; I
09/01/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.08710224	-39.71132755	09:23	VU; LC; VU; I
09/03/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.08174877	-39.66347694	15:17	VU; LC; VU; I
09/03/2017	-	*Mysticeti sp.*	-19.06763424	-39.62742805	17:23	-
09/05/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.01889335	-39.73011374	09:48	VU; LC; VU; I
Spring						
12/01/2017	Balaenopteridae	*Megapteranovaeangliae*(Borowski, 1781)	-19.066786	-39.717644	10:23	VU; LC; VU; I
Summer						
02/02/2018	Delphinidae	*Sotaliaguianensis* (Van Bénéden, 1864)	-19.06.961171	-39.72.160124	15:47	VU; NT; NE; I
02/03/2018	Delphinidae	*Sotaliaguianensis* (Van Bénéden, 1864)	-19.08700608	-39.71031719	13:07	VU; NT; NE; I
02/04/2018	Delphinidae	*Sotaliaguianensis* (Van Bénéden, 1864)	-19.06185945	-39.71997314	09:58	VU; NT; NE; I
02/06/2018	Delphinidae	*Sotaliaguianensis* (Van Bénéden, 1864)	-19.05029515	-39.72115765	08:07	VU; NT; NE; I
02/06/2018	Delphinidae	*Sotaliaguianensis* (Van Bénéden, 1864)	-19.07532185	-39.71823941	10:35	VU; NT; NE; I

Regarding the monitoring technique using offshore visual observation, 7 individuals from the *Megaptera novaeangliae* species and an unidentified Mysticeti were sighted in the 2017 winter period; in the spring sampling, the register of only one individual from *Megaptera novaeangliae* was made.

The decrease in abundance of *Megaptera novaeangliae* is due to the end of the species reproductive season. For the 2018 summer sampling campaign, a total of 5 individuals from *Sotaliaguianensis*species was surveyed. The data collected by the offshore visual observation methodology on the Urussuquara beach, are listed in Table 2.

According to the BaleiaJubarte Institute (2017), the 2017 year presented a record database for the stranding of *Megaptera novaeangliae* species in the Brazilian coastline, in a total of 121 specimens, being 26 at Espírito Santo state. These results are a direct effect of the species populational growth on the Brazilian coast. The BaleiaJubarte Institute (InstitutoBaleiaJubarte, 2017) estimates an abundance that already exceeds 17,000 individuals. However, the amount of stranding with signs of death by human action, like fishing with gill nets, reinforce the concern about the need for monitoring new threats to the whales in Brazil, and for efforts to minimize them. Since this monitoring ended in May 2018, the records were not frequent, given that the expected date of the reproductive season the same year, was from July on.

Figure 3. A –A carcass of a humpback whale calf in advanced putrefaction stage about 5 m long. Lat-19.01889335Long -39.73011374.B- Vertebra of a prepubertal juvenile humpback whale.Lat -19.069768 e Long -39.722278.



Source: Helium Corp Engenharia.

The *Pontoporiablainvillei* is endemic of the Western South Atlantic Ocean, spread from Itaúnas(18º 25´ S), Espírito Santo State, Brazil(Siciliano, 1994), to San Matias Gulf (41º 09'S), Chubut province, Argentina (Crespo *et al*., 1998). Its preferential habitat includes coastline regions up to 30 m deep, being occasionally found on estuaries.

Similar to other cetacean species, the La Plata dolphin has a low populational growth rate, varying between 0.6 and 3.8 % (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010).This populational decrease, linked

to high levels of unnatural mortality, causes the risk to the survival of this species. Due to its coastal habit, the La Plata dolphin becomes more vulnerable to anthropic activities, among which, the gill net fishing affects its conservation the most. Incidental captures on gill nets have a high frequency all over the La Plata dolphin distribution (Prado, 2016). As a result of this fact, the species is currently included on the "Vulnerable" category of the Red List of Threatened Species of the International Union for Conservation of Nature (2019), and "critically threatened by extinction" on the national list of Brazilian endangered fauna (MMA, 2014).During the field activities, a register was performed of *Pontoporiablainvillei* with gill net, found and recorded by the CTA-Environmental Consultancy company, in 11/29/2017 (Lat. -19.053891, Long. -39.724959), stating that the artisanal fishery activities pose a threat to the conservation of this species, being necessary environmental education actions with the human populations that use the coastline in their fishing activities.

The *Sotaliaguianensis* species is distributed over the Atlantic coastlines of South and Central Americas where it inhabits estuaries, protected bays, or strictly coastal areas (Espécie*et al*., 2010). Despite being in habitats that suffer great anthropogenic pressure, the species is still classified as "Data Deficient" by the IUCN(Tardin*et al*., 2014).*Sotaliaguianensis* presents a seasonal variation following the water temperature. According to Tardin*et al*. (2013), during the warm seasons, regarding the use of the habitat, areas closer to the coast and with less current intensity are preferred, while during the cold seasons, intermediary classes of distance from coast and areas with moderate currents are preferred. During the sampling by cruise trips, in the summer period, this species was observed closer to the Urussuquara beach, not being observed in other seasons, in which the water is colder (Figure 4).

Figure 4. Geospatial distribution of *S.* guianensisduring 2018 summer season at Urussuquara beach.



Source: The author.

The approximation of *Sotaliaguianensis* to the coastline at Urussuquara beach, during |the warmer seasons, represent risk and vulnerability regarding the use of the habitat, since it is common in fishing communities the use of gill nets, being possible accidental records of this species as occurred to *Pontoporiablainvillei*, during 2017 spring sampling campaigns.

The interviews conducted with the Scitech company, responsible for the PMP-PETROBRAS, provided an increase of other marine mammalian species that colonize the Urussuquara beach, and its inventory is shown in Table 2, listed by seasonal periods.

Table 2. Inventory list of marine mammals surveyed by interviews with the Scitech company, responsible for the PMP-PETROBRAS. Legend: Status – MMA: VU (vulnerable), CR (critically endangered); IUCN: LC (least concern), VU (vulnerable), NT (near threatened); IEMA: VU (vulnerable), EP (endangered), NE (no data); CITES Appendix I (threatened with extinction species, which trade will only be permitted under exceptional cases).

Family	Species	ApproximateLatitude	ApproximateLongitude	Status (MMA|IUCN| IEMA| CITES
		Winter2017		
Balaenidae	Eubalaenaaustralis (Desmoulins, 1822)	-18.743460	-39.677077	EN; LC; EP; I
Phocidae	Mirounga leonina (Linnaeus, 1758)	-18.974267	-39.730456	NA; LC; NE; I
Physeteridae	Physetermacrocephalus (Linnaeus, 1758)	-18.766411	-39.643084	VU; VU; VU; I
Pontoporiidae	Pontoporiablainvillei (Gervais& d'Orbigny, 1844)	-19.041161	-39.689309	CR; VU; EP; I
Delphinidae	Sotaliaguianensis (Van Bénéden, 1864)	-18.901954	-39.612408	VU; NT; NE; I
Delphinidae	Steno Bredanensis (G. Cuvier in Lesson, 1828)	-19.332911	-39.627924	LC; LC; NE; I
Balaenopteridae	Megapteranovaeangliae (Borowski, 1781)	-19.004495	-39.550016	VU; LC; VU; I
Delphinidae	Tursiopstruncatus (Montagu, 1821)	-19.359316	-39.608937	LC; DD; NE; I
		Spring2017		
Balaenidae	Eubalaenaaustralis (Desmoulins, 1822)	-18.520453	-39.410964	EN; LC; EP; I
Phocidae	Mirounga leonina (Linnaeus, 1758)	-18.769289	-39.740043	NA; LC; NE; I
Physeteridae	Physetermacrocephalus (Linnaeus, 1758)	-18.531100	-39.227545	VU; VU; VU; I
Pontoporiidae	Pontoporiablainvillei (Gervais& d'Orbigny, 1844)	-18.981690	-39.698025	CR; VU; EP; I
Delphinidae	Sotaliaguianensis (Van Bénéden, 1864)	-19.093752	-39.657270	VU; NT; NE; I
Delphinidae	Steno Bredanensis (G. Cuvier in Lesson, 1828)	-19.713019	-39.826234	LC; LC; NE; I

Balaenopteridae	Megapteranovaeangliae (Borowski, 1781)	-19.292827	-39.501018	VU; LC; VU; I
Delphinidae	Tursiopstruncatus (Montagu, 1821)	-19.599461	-39.658867	LC; DD; NE; I
		Summer2018		
Balaenidae	Eubalaenaaustralis (Desmoulins, 1822)	-18.578103	-39.178780	EN; LC; EP; I
Phocidae	Mirounga leonina (Linnaeus, 1758)	-19.279292	-39.689573	NA; LC; NE; I
Physeteridae	Physetermacrocephalus (Linnaeus, 1758)	-19.284666	-39.447494	VU; VU; VU; I
Pontoporiidae	Pontoporiablainvillei (Gervais& d'Orbigny, 1844)	-18.866678	-39.556573	CR; VU; EP; I
Delphinidae	Sotaliaguianensis (Van Bénéden, 1864)	-19.069602	-39.711621	VU; NT; NE; I
Delphinidae	Steno Bredanensis (G. Cuvier in Lesson, 1828)	-19.130882	-39.673353	LC; LC; NE; I
Delphinidae	Tursiopstruncatus (Montagu, 1821)	-19.461643	-39.672252	LC; DD; NE; I
		Autumn2018		
Phocidae	Mirounga leonina (Linnaeus, 1758)	-19.664290	-39.840742	NA; LC; NE; I
Delphinidae	Sotaliaguianensis (Van Bénéden, 1864)	-19.379172	-39.153096	VU; NT; NE; I
Delphinidae	Steno Bredanensis (G. Cuvier in Lesson, 1828)	-19.837883	-39.666365	LC; LC; NE; I
Delphinidae	Tursiopstruncatus (Montagu, 1821)	-20.080368	-39.858222	LC; DD; NE; I

Source: The author.

All eight marine mammal species surveyed by interview have some category of endangerment. On 01/25/2017, the Scitech company performed the rescue of an individual of Mirounga leonina species at São Mateus (Figure 5), which release happened on 06/12/2017, at the Guriri beach, according to the Institute of Research and Rehabilitation of Marine Animals (Irpam, 2017). This very individual visits the coast of Espírito Santo State since 2012, indicating that the São Mateus coastline is within its home range, being the beaches of this municipality priority areas for the conservation of this species.

On 08/19/2017, the stranding of a juvenile male of the species Megaptera novaeangliae (Figure 6) was recorded, on the same beach in which the Mirounga leonina individual was released, the one rescued by the Scitech company. The Megaptera novaeangliae individual died on the same day of its stranding, hence, being the same individual sampled during the carcasses monitoring, presented in Figure 4.

Figure 5. A – *Mirounga leonina* rescued by Scitech at São Mateus. B –*Megaptera novaeangliae* stranded at São Mateus coast.



Source: Scitech.

ENVIRONMENTAL IMPACTS AFTER THE MARIANA-MG DISASTER

All surveyed marine mammalian species have as home range the marine and estuarine ecosystems that were negatively impacted by the environmental disaster of Mariana-MG. This disaster started over the Doce River basin, and the waste plume reached the Espírito Santo sea and estuaries, during the climax of the reproductive period of various marine mammals. Notwithstanding, the waste plume spread over the coastline of the Espírito Santo state, being accumulated at the mouth of the Doce River.

The IpirangaRiver, located at the Urussuquara region, becoming to the north of Espírito Santo into the Barra SecaRiver, presented high fish mortality from January 2016 to the present moment of this scientific work. This fact represented a major impact on the local economy, with a threshold of 19 months after the arrival of the particulate mass arisen from the mining waste, i.e., in July 2017. Possibly, this impact has also been felt by the marine mammal community, especially the piscivores, like the individuals from Delphinidae and Phocidae families.

According to Silva et al. (2018), the input of waste from the Fundão dam, significantly altered the marine ecosystem at Linhares-ES and São Matheus-ES, impacting yet, in a direct manner, the Urussuquara beach. The parameters: total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen (DO), and hydrogenionic potential (pH), disagreed with the CONAMA resolution no 357/2005, the electrical conductivity parameter also presented significant changes. For the physical-chemical monitoring of the Espírito Santo coastal water performed by Silva et al. (2018) following the failure of the Fundão

dam, for the marine ecosystem at Urussuquara region, in September 2017 the average concentrations of total dissolved solids were above 500 ppm, and the conductivity over 1000 µS/cm. These average concentrations presented values above those determined as acceptable by the CONAMA resolution no 357/2005. Another parameter that presented inadequate values, according to this very resolution, in May 2018 the average pH for the estuarine ecosystemwas 8.53, highlighting the reflex of the extension of this environmental impact.

Table 1. Univariate parameters for the abiotic collected variables at the seasonal periods for the marine and estuarine ecosystems at Urussuquara-ES. In red are found all the variables that are not in accordance with the CONAMA resolution nº 357/2005.

Winter 2017							
Estuarine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**SecchiDisk (m)**	**TotalDepth (m)**
$\bar{x}$	7.02	22.80	**1,039.17**	**518.67**	**4.83**	0.62	1.27
S	0.23	0.38	37.35	20.03	1.23	0.10	0.80
S^2	0.05	0.15	1,394.97	401.07	1.52	0.01	0.65
Sx	0.09	0.16	15.25	8.18	0.50	0.04	0.33
cv%	3.24	1.68	3.59	3.86	25.58	15.94	63.49
Marine Ecosystem	**pH**	**° C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	8.46	23.18	**962.67**	**507.67**	41.97	4.28	11.67
S	0.20	0.08	14.53	40.37	1.48	0.35	7.28
S^2	0.04	0.01	211.07	1629.87	2.19	0.12	53.07
Sx	0.08	0.03	5.93	16.48	0.60	0.14	2.97
cv%	2.34	0.34	1.51	7.95	3.53	8.14	62.44
Primavera de 2017							
Estuarine Ecosystem	**pH**	**° C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	7.49	25.92	29.96	15.10	**1.51**	0.50	2.35

S	0.25	0.19	1.91	0.79	1.54	0.00	1.12
S^2	0.06	0.04	3.66	0.62	2.38	0.00	1.25
Sx	0.10	0.08	0.78	0.32	0.63	0.00	0.46
cv%	3.39	0.75	6.38	5.22	102.13	0.00	47.52

Marine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	8.42	26.50	36.80	18.61	15.59	3.67	10.83
S	0.15	0.13	5.58	1.52	5.56	3.87	6.05
S^2	0.02	0.02	31.10	2.31	30.96	14.97	36.57
Sx	0.06	0.05	2.28	0.62	2.27	1.58	2.47
cv%	1.78	0.48	15.15	8.17	35.70	105.51	55.82

Verão de 2018

Estuarine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	7.24	25.96	34.26	17.32	**4.10**	0.38	2.42
S	0.33	0.61	4.16	2.48	1.26	0.13	1.23
S^2	0.11	0.38	17.35	6.16	1.58	0.02	1.51
Sx	0.14	0.25	1.70	1.01	0.51	0.05	0.50
cv%	4.57	2.37	12.16	14.34	30.67	34.67	50.77

Marine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	8.43	26.87	48.45	27.75	19.61	3.67	12.42
S	0.16	0.15	1.63	1.24	4.31	4.19	6.40
S^2	0.02	0.02	2.66	1.53	18.58	17.58	40.94
Sx	0.06	0.06	0.67	0.51	1.76	1.71	2.61

cv%	1.86	0.57	3.37	4.46	21.98	114.35	51.53

Outono 2018

Estuarine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	7.47	24.33	31.24	21.17	**4.05**	0.38	2.42
S	0.55	0.52	8.41	5.28	0.07	0.13	1.23
S^2	0.30	0.27	70.65	27.87	0.01	0.02	1.51
Sx	0.22	0.21	3.43	2.16	0.03	0.05	0.50
cv%	7.34	2.12	26.91	24.93	1.81	34.67	50.77
Marine Ecosystem	**pH**	**°C**	**Conductivity (µS/cm)**	**TDS (ppm)**	**DO (mg/L)**	**Secchi Disk (m)**	**Total Depth (m)**
$\bar{x}$	**8.53**	25.00	50.92	28.47	25.26	1.67	12.42
S	0.24	0.00	1.42	0.95	6.10	1.44	6.40
S^2	0.06	0.00	2.01	0.90	37.21	2.07	40.94
Sx	0.10	0.00	0.58	0.39	2.49	0.59	2.61
cv%	2.79	0.00	2.79	3.34	24.15	86.26	51.53

Source: Silva *et al.* (2018).

According to the Tamar Center (Centro Tamar ,2016), expressive mortality of fishes took place at the Ipiranga River in the second semester of 2016, and the first semester of 2017, a fact that can be correlated with the failure of the Fundão dam. The solids act indirectly on aquatic life, blocking the penetration of light, induce water heating, which consequently reduces the amount of dissolved oxygen in the medium (Silva *et al*., 2018). According to the Tamar Center (Centro Tamar ,2016), a high concentration of iron was found on the mining waste that percolated through the Doce River basin. Waterrich in Fe^{3+} ions can present an increase in its turbidity when in touch with oxygen in the air (Corcóvia, 2012). The electrical conductivity of water indicates its capacity if transmitting electrical current as a function of the presence of dissolved substances, which dissociate in anions and cations. As higher the ionic concentration of the solution, the higher is the opportunity for electrolytic action, and hence, the higher the capacity of conducting electrical current (Silva *et al*., 2019).It expresses the

interference on the passing of the light through the liquid, thus, in a simplified manner, measures the transparency of the water (Silva *et al*.,2018).These parameters are important for the maintenance of life in the marine and estuarine ecosystems. Alterations in total dissolved solids and electrical conductivity may decrease the productivity of the aquatic ecosystem, and, consequently, cause drops in the food availability for all marine mammals from Urussuquara beach, i.e., despite their position on the trophic web.

IV CONCLUSIONS

The municipality of Linhares-ES, located about 800 km from the Fundão dam, was the last legal district to be impacted by its mining wastes. The database generated by the monitoring of marine mammals at Urussuquara beach indicates that these individuals have in their life history an ecosystem negatively impacted by the input of contaminants that originated at the Failure of the Fundão dam, at Mariana-MG.

The disaster denoted the connectivity between marine, estuarine, and terrestrial areas, albeit apart geographically, through the hydrographic network. Highlights the importance of the whole Doce River basin, the main hydric resource of the Espírito Santo state, for the maintenance of the synergy and homeostasis of the marine ecosystems along the Espírito Santo coastline, as the case of the marine mammal community. Besides the impacts resulting from the failure of the Fundão-MG dam, are also evident the classical impacts to the marine fauna, as the placement of gill nets in feeding and nursery zones of marine mammals, illegal dumping of solid wastes and *in natura* effluents into the aquatic ecosystems if the region.

Therefore, it is of utmost importance the continuity of the monitoring of the physical-chemical environment of the marine and estuarine ecosystems at Linhares-ES and, consequently, of the Urussuquara beach, as well as the continuation of the surveying of the marine mammals of this region, given that this area is of great relevance for the *home range* of these animals, being a priority *locus* to the protection and conservation of a worldwide important biodiversity.

ACKNOWLEDGMENTS

To Helium Corp Engenharia, for the funding and scientific contribution. To Scitech for the scientific contribution and collaboration with the field activities.

REFERENCES

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de lei n.º 6.969-B, de 2013. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1214143&filename=PL+6969/2013. Acesso em 15 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.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. Brasília: DOU, 2005.

CENTRO TAMAR; ICMBIO. Nota Técnica 001/2016: Análise da proibição de pesca de camarão e demais recursos pesqueiros na região marinha próxima à foz do rio Doce (Aracruz e Linhares/ES). 2016b.

CENTRO TAMAR; ICMBIO. Nota Técnica 010/2016: Informações para resposta ao Requerimento de Informação nº 1515/2016, da Comissão Externa do Rompimento de Barragem na região de Mariana-MG. 2016a.

CORCÓVIA, J. A.; CELLIGOI, A.. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã-PR. Revista de Estudos Ambientais, v.14, n.2, p.39-48, 2012.

CRESPO, E. A.; HARRIS, G.; GONZÁLEZ, R.. Group size and distribution range of the franciscana, Pontoporiablainvillei. Marine Mammal Science, v.14, p.845-849, 1998.

ESPÉCIE, M. A.; TARDIN, R. H.O.; SIMÃO, S. M.Degrees of residence of Guiana dolphins (Sotaliaguianensis) in Ilha Grande Bay, south-eastern Brazil: a preliminary assessment. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (Print), v.90, p.1633-1639, 2010.

FÉLIX, G. B. V. Ocorrência e captura acidental de golfinhos no extremo Norte do litoral do Espírito Santo. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2011.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de ação nacional para a conservação do pequeno cetáceo Toninha: Pontoporiablainvillei. Brasília,2010.

INSTITUTO BALEIA JUBARTE. Baleias Jubarte Encerram Temporada de Reprodução 2017. Disponível em: https://www.baleiajubarte.org.br/noticia.php?id=520. Acesso em 15 de maio de 2020.

IPRAM, Instituto de Pesquisas e Reabilitação de Animais Marinhos. Captura, reabilitação e soltura do Elefante marinho Fred. Disponível em: http://ipram-es.blogspot.com/2017/01/janeiro-de-2017-elefante-marinho-fred-e.html. Acesso em 15 de maio de 2020.

KARAVAS, N.; GEORGHIOU, K.; ARIANOUTSOU, M.; DIMOPOULOS, D..Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of Caretta caretta on Sekania beach. Biological Conservation. v.121, n.2, p.177-188, 2005.

LODI, L. & BOROBIA, M..Baleias, botos e golfinhos do Brasil: Guia de identificação. 1 ed. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2013.

LODI, L.; TARDIN, R. H.; HETZEL, B.; MACIEL, I. S.; FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M..Bryde's whale (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) occurrence and movements in coastal areas of southeastern Brazil. Zoologia (Curitiba): an international journal for zoology, v.32, n.2, p.171-175, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Disponível

em:https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/faunabrasileira/avaliacaodorisco/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf. Acessoem: 06 Julho de 2021.

PIZZORNO, J. L. A.; SICILIANO, S.; e SIMÃO, S. M.. Quando os botos ganham uma identidade. CiênciaHoje, v.25, n.150, p.65-71, 1999.

PRADO, J. H. F.; MATTOS, P. H.; SILVA, K. G.; SECCHI, E. R..Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical Western South Atlantic. PLoS ONE, v.11, n.1, p.1-23, 2016.

PROJETO BOTO CINZA.. Guia Ilustrado de Mamíferos Marinhos do Brasil. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Cananéia (IPeC), 2013.

SICILIANO, S.. Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil. Report soothe International Whaling Commission, v.15, p.241-250, 1994.

SILVA, C. V. V.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; CARVALHO, L. O.; SILVA, C. D..Physical-chemical monitoring of the Linhares (ES) and São Mateus (ES) aquatic ecosystem after the breaking of the Fundão Dam, Mariana, Minas Gerais. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.9, n.5, p.1-11, 2018.

SILVA, C. V. V.; ALMEIDA, J. R. DE; SILVA, C. E.; SOUZA, C. P.; SILVA, C. D..Monitoramento reprodutivo de tartarugas marinhas na praia de Urussuquara/ES após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG. Naturae, v.1, n.2, p.1-13, 2019.

SIMAO, S. M.; PIZZORNO, José LuisA ; PERRY, V. N. ; SICILIANO, S.. Aplicação da técnica de fotidentificação do boto-cinza Sotaliafluviatilis (Cetacea, Delphinidae) da Baía de Sepetiba..Floresta e Ambiente, Seropédica, v.7, n.1, p.31-39, 2000.

SIMAO, S. M.; POLETTO, F. R.. Áreas preferenciais de pesca e dieta do ecótipomarinho do boto-cinza (Sotaliafluviatilis) na Baía de Sepetiba-RJ. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 9, n.1, p. 18-25, 2002.

TARDIN, R. H. O.; GALVÃO, C. C. G.; ESPECIE, M. A.; SIMAO, S. M..Group structure of Guiana dolphins, Sotaliaguianensis (CETACEA, DELPHINIDAE), in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Research, v.41, p.313-322, 2013.

TARDIN, R.H.; PLAZA-PINTO, M.; ALVES, M. A. S.; SIMAO, S. M .Behavioral event occurrence differs between behavioral states in Sotaliaguianensis (Cetarctiodactyla: Delphinidae) dolphins: a multivariate approach. Zoologia, v.31, n.1, p.1-7, 2014.

TARDIN, R. H.; CHUN, Y.; SIMÃO, S. M.; ALVES, M. A. S..Habitat use models of spatially auto-correlated data: a case study of the common bottlenose dolphin, , in southeastern Brazil. Marine Biology Research, v.15, p. 1-12, 2019.

Capítulo 7

10.37423/230908213

GESTÃO DE CONTRATOS DO GRUPO A4 NO MERCADO CATIVO - O CUSTO DE ENERGIA ALGEBRICAMENTE MÍNIMO

Lucas Assis de Moraes

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Resumo: A adequação contratual de energia é uma estratégia de pouquíssimo esforço e baixíssimo investimento, mas que pode resultar em grande impacto para a redução de despesas. Este trabalho tem por objetivo desenvolver algebricamente equações para subsidiar a tomada de decisão contratual para consumidores de energia do grupo A4 no mercado cativo, abordando a escolha da melhor modalidade tarifária e melhor demanda contratada. Seguindo as considerações feitas para o desenvolvimento, os resultados mostram que usando apenas dados contidos nas faturas de energia, é possível obter facilmente a melhor configuração contratual. Como exemplo, foi usada a projeção de consumo de uma unidade consumidora da Sabesp em Avaré. Verificou-se qual a melhor modalidade tarifária e demanda contratada para o próximo ciclo de 12 meses de faturamento nesta unidade consumidora. Observou-se também que o consumo fora-ponta não interfere nas decisões de otimização. A definição da melhor modalidade tarifária é bastante direta, enquanto a definição da demanda contratada permite uma certa flexibilidade de escolha dentro de uma faixa quase-ótima de opções. Como sugestão de trabalhos futuros, cita-se a investigação de um desenvolvimento algébrico para consumidores com particularidades diversas das abordadas por este trabalho.

Palavras-chave: Energia elétrica, otimização contratual, redução de custos.

INTRODUÇÃO

Existem diversas estratégias que qualquer consumidor de energia pode empregar para minimizar o valor de sua fatura. Reduzir o consumo de energia é a mais evidente delas, já que pode ser utilizada até mesmo pelos menores consumidores do sistema elétrico, porém exige um certo esforço operacional. Geração própria de energia (que em muitos casos pode ser "traduzida" como redução de consumo) também reduz o valor da fatura, mas requer que sejam feitos investimentos.

Consumidores de maior porte se enquadram em categorias diferentes de fornecimento, e por isto é formalizado um contrato de fornecimento, em que o consumidor pode escolher alguns parâmetros. Fazendo-se escolhas adequadas e convenientes, ganham-se novas estratégias de minimização da fatura além da redução de consumo ou da geração própria.

Para o consumidor do grupo A4 do mercado cativo de energia, por exemplo, há dois relevantes parâmetros de seu contrato de fornecimento que lhe é cabida escolha: a demanda contratada e a modalidade tarifária. Certamente o valor final da fatura engloba diversos outros aspectos, como o já citado consumo, impostos, bandeiras tarifárias, dentre outros. Mas já há ao menos três ângulos de ataque diferentes para a redução do valor faturado: consumo, modalidade tarifária e demanda contratada.

OBJETIVO DO TRABALHO

Dos três ângulos de ataque citados para redução do valor da fatura, este trabalho abordará apenas os dois últimos. A redução do consumo não será abordada, pois foi considerado que a operação já acontece da melhor forma possível, inclusive com relação à distribuição das cargas nos horários de ponta e fora-ponta. Também foi desprezada a possibilidade de realizar investimentos.

Apenas adequar o contrato de fornecimento já pode trazer grande impacto no valor da fatura, requerendo pouquíssimo esforço operacional e baixíssimo custo. Assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver equações algébricas, com base na forma de tarifação descrita na Resolução Normativa ANEEL nº. 1000, para facilitar a decisão da modalidade tarifária e da demanda contratada em um contrato de energia do grupo A4 no mercado cativo, com foco na minimização do custo contratual ao longo de seu período de vigência.

METODOLOGIA UTILIZADA

Primeiramente, está definida a nomenclatura utilizada, a saber:

D = Demanda;

p = ponta;

fp = fora de ponta;

c = contratada;

r = registrada;

kWh = consumo;

$ = tarifa;

a = azul;

v = verde.

Exemplo de variável: $Dap = Tarifa da demanda na modalidade azul em horário de ponta.

Não cabem nas equações a seguir quaisquer bandeiras tarifárias, impostos, taxas, tarifas e descontos, pois são aplicados a qualquer configuração contratual em um momento posterior ao cálculo de consumo e demanda.

Com informações contidas nos sites das concessionárias e nas normas da ANEEL, considerou-se que o valor do kWh engloba TE+TUSD, além de que:

$$\$Dv = \$Dafp$$

$$\$kWhvfp = \$kWhafp$$

MODALIDADE TARIFÁRIA

O equacionamento do faturamento mensal na modalidade tarifária verde fica:

$$Máx(Dp,Dfp)*\$Dv + Dp*tp*\$kWhvp + Dfp*tfp*\$kWhvfp$$

Já para a modalidade tarifária azul, tem-se:

$$Dp*\$Dap + Dfp*\$Dafp + Dp*tp*\$kWhap + Dfp*tfp*\$kWhafp$$

Independentemente de qual demanda (contratada ou registrada) será faturada, o custo será o mesmo para ambas as modalidades tarifárias. Por isto, no equacionamento acima, há distinção de demanda apenas no horário ponta e fora-ponta.

O termo tp significa: “o tempo equivalente na ponta para que o consumo, ou seja, a integral sob a curva de demanda seja igual ao produto tp*Drp”. Algebricamente, tp = kWhp/Drp. O termo tfp é análogo, mas para o período fora de ponta.

Desenvolvendo, comparando e simplificando as equações com a premissa de que "o custo da modalidade verde é maior que o da modalidade azul", obtém-se a inequação abaixo que, sendo verdadeira, também é a premissa:

$$tp > \{\$Dap - [(1 - Mín(Dp,Dfp)/Dp)*\$Dafp]\}/(\$kWhvp - \$kWhap)$$

DEMANDA CONTRATADA

Há três faixas de custo individual (Ci) de demanda, aplicadas a cada faturamento, a depender da Dr:

$$Dr < Dc, \text{ então } Ci = Dr*\$D + (Dc-Dr)*0{,}82*\$D$$

$$\text{Se } Dc \leq Dr \leq 1{,}05*Dc, \text{ então } Ci = Dr*\$D$$

$$\text{Se } Dr > 1{,}05*Dc, \text{ então } Ci = Dr*\$D + 2*(Dr-Dc)*\$D$$

Os contratos de energia no grupo A4 têm validade de um ano, e a escolha da demanda contratada se aplica aos 12 faturamentos do contrato. Dessa forma, a função custo para a demanda é a somatória do custo individual de 12 demandas.

$$C = \sum Ci,\ i = 1, 2, ..., 12$$

Assim, com uma série de 12 Dr, basta encontrar Dc que minimize C para definir a demanda a ser contratada. O procedimento deve ser aplicado independentemente para os períodos de ponta e fora-ponta, já que o custo da demanda é diferente nos dois períodos.

RESULTADOS OBTIDOS

As equações obtidas algebricamente na metodologia foram aplicadas a uma unidade consumidora real do mercado cativo no grupo A4. A alíquota do imposto e o limite de tolerância da demanda que compõem partes da função custo para a demanda contratada são os específicos para esta unidade consumidora estudada, e podem não se aplicar igualmente a uma UC arbitrária qualquer.

A Tabela 1 abaixo mostra o comportamento de consumo e demanda em um período contratual padrão, de 12 meses.

Tabela 1: Comportamento de consumo e demanda de uma unidade consumidora em Avaré

Mês	kWhp	kWhfp	Drp	Drfp
1	1277	14811	51	54
2	1231	15186	55	60
3	1265	15517	60	64
4	1257	14003	53	58
5	1267	14853	65	70
6	1318	15506	65	72
7	1181	14393	65	70
8	1127	15224	58	66
9	1104	13615	59	65
10	1040	13364	58	63
11	1152	13689	59	64
12	1254	15434	58	63

Já a Tabela 2 contém os valores a serem aplicados na inequação que calcula tp. O resultado obtido é 41,14 horas.

Tabela 2: Tarifas sem tributos na concessionária da unidade consumidora

Termo	Valor	Unidade
$Dap	42,52	R$/kW
$Dafp	18,84	R$/kW
$kWhvp	1,52181	R$/kWh
$kWhap	0,48815	R$/kWh

Usando os dados da Tabela 1, e fazendo kWhp/Drp, a média de horas por faturamento em que a carga fica ligada na ponta com consumo equivalente à demanda constante é de 20,59 horas (variando entre 18,02 e 25,18). Como este valor médio está abaixo das 41,14 horas, a premissa da inequação é falsa, e a modalidade tarifária que minimiza os custos para esta UC é a verde.

Já para a escolha da demanda contratada, como a modalidade verde tem demanda contratada única, basta usar o maior valor de Dr para cada mês (que neste caso, coincidem todos com Drfp). Com esta série da Tabela 1, encontrou-se a demanda contratada ótima para minimizar a função custo da demanda. O valor a ser contratado é 67 kW, conforme Figura 1.

Por fim, destaca-se o surpreendente fato de que o consumo fora-ponta não influencia qualquer decisão a respeito de otimização dos contratos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi realizada uma abordagem algébrica para determinar a melhor modalidade tarifária e a melhor demanda contratada para firmar um contrato de energia elétrica no grupo A4 no mercado cativo. Com

as considerações feitas para o desenvolvimento da metodologia, mostrou-se que apenas com dados constantes nas faturas de energia, mais especificamente consumo na ponta, demanda registrada na ponta e demanda registrada fora-ponta, é possível encontrar a melhor configuração contratual.

A aplicação da metodologia não é complexa, e é alheia ao uso de simuladores fornecidos pelas concessionárias em seus sites. Na verdade, ao menos para a modalidade tarifária, eles comprovam a eficácia da metodologia desenvolvida neste trabalho. Fica aqui o convite ao leitor para verificar se suas próprias unidades consumidoras já estão com sua melhor modalidade tarifária contratada.

Com relação à demanda contratada, o desenvolvimento algébrico para a minimização de uma função custo mostrou-se válido, porém cabe uma ressalva: há apenas um ponto ótimo para a demanda contratada, mas há uma faixa de pontos quase ótimos. No exemplo mostrado, esta faixa varia entre 62 e 71 kW, sendo o valor ótimo igual a 67 kW. A largura desta faixa depende da variação do comportamento da demanda em cada faturamento: uma maior variação implica também uma maior faixa quase ótima. Um consumidor com maior aversão ao risco da penalidade de ultrapassagem de demanda tem uma certa flexibilidade para optar por um valor quase ótimo tendendo ao maior valor dentro desta faixa.

Sugere-se como trabalhos futuros desenvolvimento algébrico semelhante ao realizado neste trabalho, mas para consumidores com peculiaridades diferentes, como por exemplo os consumidores de demais grupos tarifários, ou consumidores do mercado livre de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - Resolução Normativa ANEEL nº. 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651. Acesso em: 19/12/2022

2. SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA - Súmula n°. 391. Disponível em https://www.stj.jus.br/publicacaoinstitucional/index.php/sumstj/article/download/5455/5579. Acesso em: 19/12/2022.

3. CPFL ENERGIA - Tarifas CPFL Santa Cruz. Disponível em

   https://www.cpfl.com.br/empresas/tarifas-cpfl-santa-cruz. Acesso em: 19/12/2022.

Capítulo 8

10.37423/230908219

DESAFIOS PARA A UNIVERSALIZAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE.COMO TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E AUTOMAÇÃO PODEM MELHORAR A VIDA DAS PESSOAS

JOSE EDUARDO COUTINHO TESSIS — *Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*

Marcelo Gil Faccin — *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Paulo Ricardo Dias Tabim — *Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*

Rodrigo Gomes Soares — *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Cássio Anderson da Silva Rodembuch — *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

Resumo: Operar e manter os Sistemas de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Drenagem Urbana e Proteção contra Cheias no município de Porto Alegre/RS é missão do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) e, neste sentido, a validação e o desenvolvimento de soluções de Tecnologia de Informação e de Automação são chaves para gestão dos Sistemas com ênfase na eficiência energética, no controle de perdas e na qualidade de vida e ambiental.

O Centro de Supervisão Operacional (CSO) foi criado em novembro de 2021 com este propósito, reunindo profissionais das áreas de Tecnologia de Informação e Engenharias do Departamento, com foco em Gestão, Comunicação e Inovação.

Este trabalho apresenta uma síntese do primeiro ano do CSO, no qual diversas ferramentas de gestão foram elaboradas a partir das análises de eventos críticos, de modo a minimizar danos e melhorar a vida das pessoas.

Palavra-chave: Centro Supervisão Operacional, Eficiência Energética, Controle de Perdas, Otimização de Sistemas.

INTRODUÇÃO

O Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre/RS é uma autarquia municipal, criada em 15 de dezembro de 1961, cuja missão é prestar serviços públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana com qualidade, tendo sustentabilidade ambiental, econômica e social.

No eixo Abastecimento de Água, contempla 100% da população atendida em áreas regulares, a partir de seis Estações de Bombeamento de Água Bruta, seis Estações de Tratamento de Água, 87 Estações de Bombeamento de Água Tratada, 101 reservatórios e quase 4.200 quilômetros de redes de distribuição de água.

No Esgotamento Sanitário, o DMAE opera 11 Estações de Tratamento de Esgotos e 36 Estações de Bombeamento de Esgotos que possibilitam mais de 90% de coleta e 58% de tratamento de esgotos (em 2021) de uma capacidade instalada superior a 80%, a partir de uma rede de mais de 2.000 quilômetros de extensão.

Já na Drenagem Urbana e Proteção de Cheias do Município de Porto Alegre, que conta com 27 bacias hidrográficas e mais de 300 quilômetros de arroios, córregos e valas, o DMAE é responsável por 2.700 quilômetros de redes pluviais e mais de 80 quilômetros de galerias, canais e condutos forçados, além de 65 quilômetros de diques de proteção e 28 bacias de amortecimento públicas, bem como 23 Estações de Bombeamento de Águas Pluviais e mais de 120 mil pontos de captação (bocas de lobo e poços de visita).

Neste contexto, a operação e manutenção da infraestrutura acima é de grande complexidade e com impactos diários na vida das pessoas e na preservação dos recursos do ambiente. O DMAE possui equipes próprias e terceirizadas que respondem pela integridade dos serviços, a partir da supervisão de um Centro de Controle Operacional (CCO) 24 horas por dia, 365 dias por ano.

A implantação do Centro de Supervisão Operacional do DMAE (CSO-DMAE), em 03/11/2021, foi uma resposta da Administração e do corpo técnico do Departamento aos desafios da universalização e sustentabilidade do saneamento ambiental em Porto Alegre, a partir de investimentos em tecnologias de informação e automação que permitam monitorar as condições operacionais dos sistemas e identificar riscos, de forma a minimizar danos e melhorar a vida das pessoas.

MATERIAIS (FONTES DAS ANÁLISES)

Para operação e manutenção das infraestruturas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana e proteção de cheias no município de Porto Alegre/RS o DMAE utiliza três sistemas principais:

156POA: responsável pelo atendimento das demandas dos clientes e pela tramitação dos serviços operacionais e parte dos serviços comerciais, foi desenvolvido pelo DMAE e atualmente atende todas as secretariais do Município.

As figuras 1 e 2 apresentam duas telas do Sistema 156POA.



Figura 1: Tela de Consulta de Serviços no 156POA.

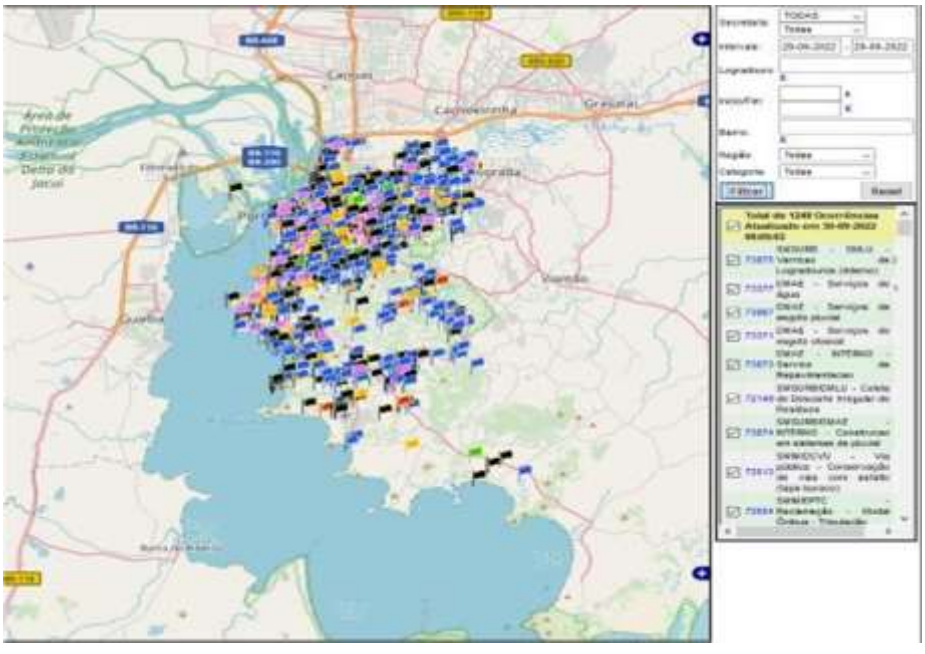


Figura 2: Mapa de Ocorrências no 156POA.

GEODMAE: desenvolvido pela PROCEMPA, que é a empresa de tecnologia da informação e comunicação da Prefeitura de Porto Alegre, permite acesso pela internet ao cadastro técnico georreferenciado nos três eixos, sendo configurado pelo usuário tanto na localização espacial quanto no nível de detalhes (camadas) e na escala.

As figuras 3 e 4 apresentam duas telas do Sistema GEODMAE.



Figura 3: Tela inicial do GEODMAE.



Figura 4: Consulta a Temática de Tarifação através do GEODMAE.

SIGES: é o sistema responsável pelo registro e tratamento de Paradas Operacionais Programadas ou Emergenciais, Solicitações de Serviços de manutenção industrial (elétricas, mecânicas, automação), bem como a Gestão de Ativos Industriais.

As figuras 5 e 6 apresentam duas telas do Sistema SIGES.

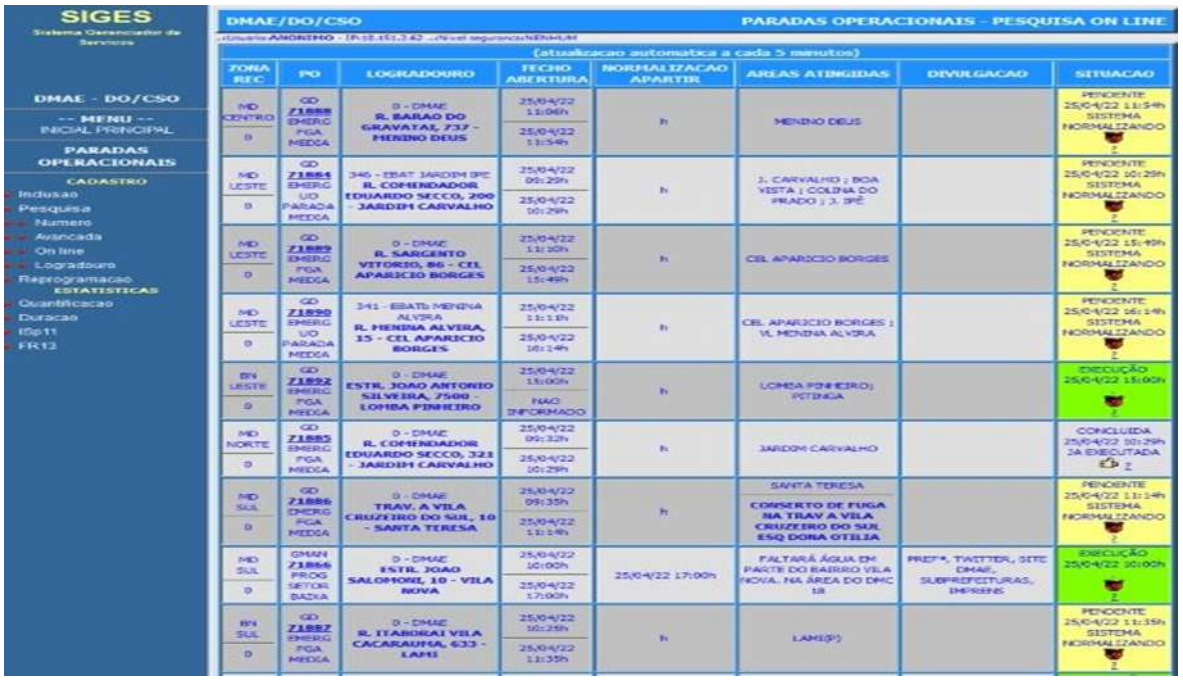


Figura 5: Consulta a Tela de Paradas Operacionais no SIGES.



Figura 6: Consulta a Tela de Solicitação de Serviços no SIGES

No campo da automação industrial, o DMAE efetua o monitoramento e controle operacional diário através de Sistemas de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA), seja nos Sistemas de Abastecimento de Água (figuras 7 a 10), Esgotamento Sanitário (figuras 11 e 12) e Drenagem Urbana (figura 13):



Figura 7: Supervisório do Sistema de Abastecimento de Água Menino Deus (parcial).



Figura 8: Supervisório da Estação de Tratamento de Água São João.

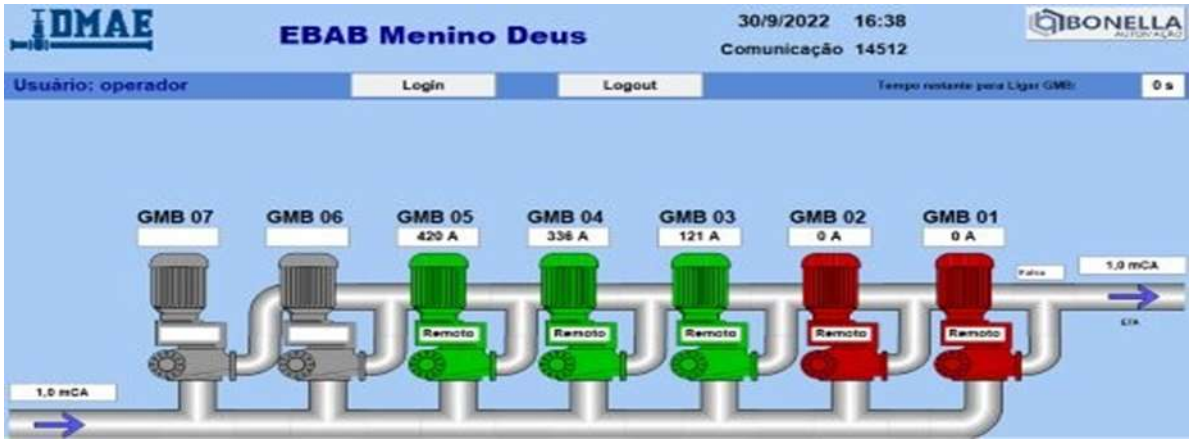


Figura 9: Supervisório da Estação de Bombeamento de Água Bruta Menino Deus.



Figura 10: Supervisório da Estação de Tratamento de Água Moinhos de Vento.

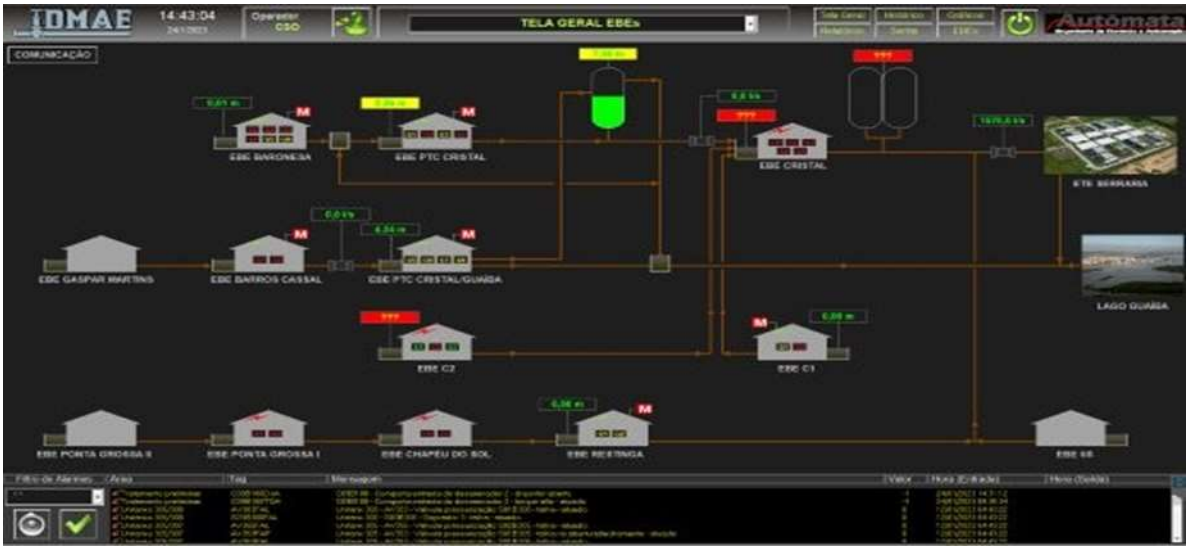


Figura 11: Supervisório da Estação de Tratamento de Esgoto Serraria.

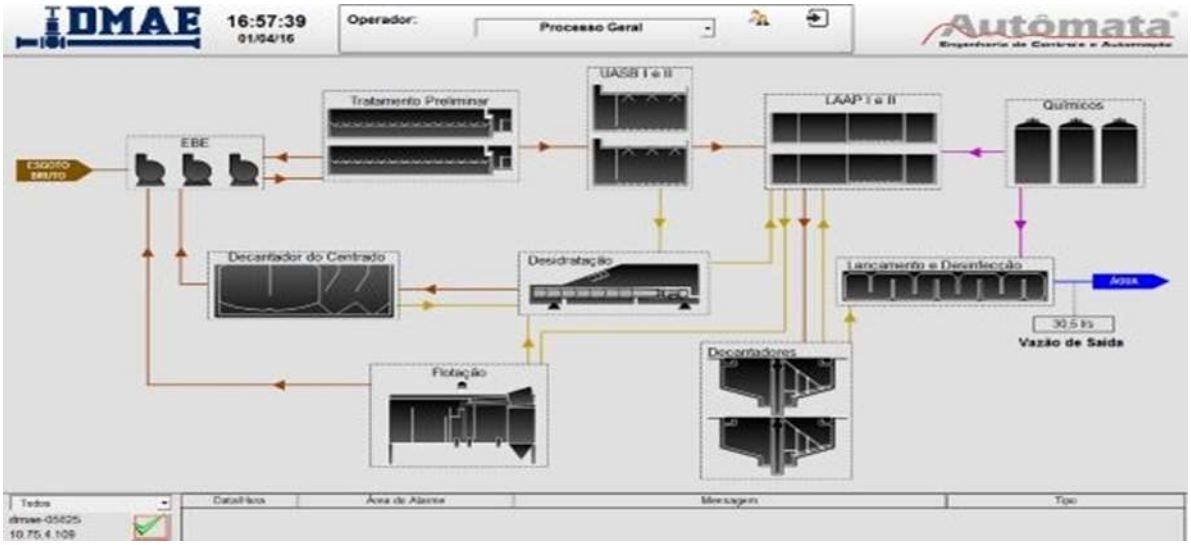


Figura 12: Supervisório da Estação de Tratamento de Esgoto Sarandi.



Figura 13: Supervisório da Estação de Bombeamento de Águas Pluviais EBAP 16.

Além dos supervisórios SCADA o DMAE utiliza um sistema de monitoramento de macromedidores (ZEUS), conforme figuras 14 e 15.

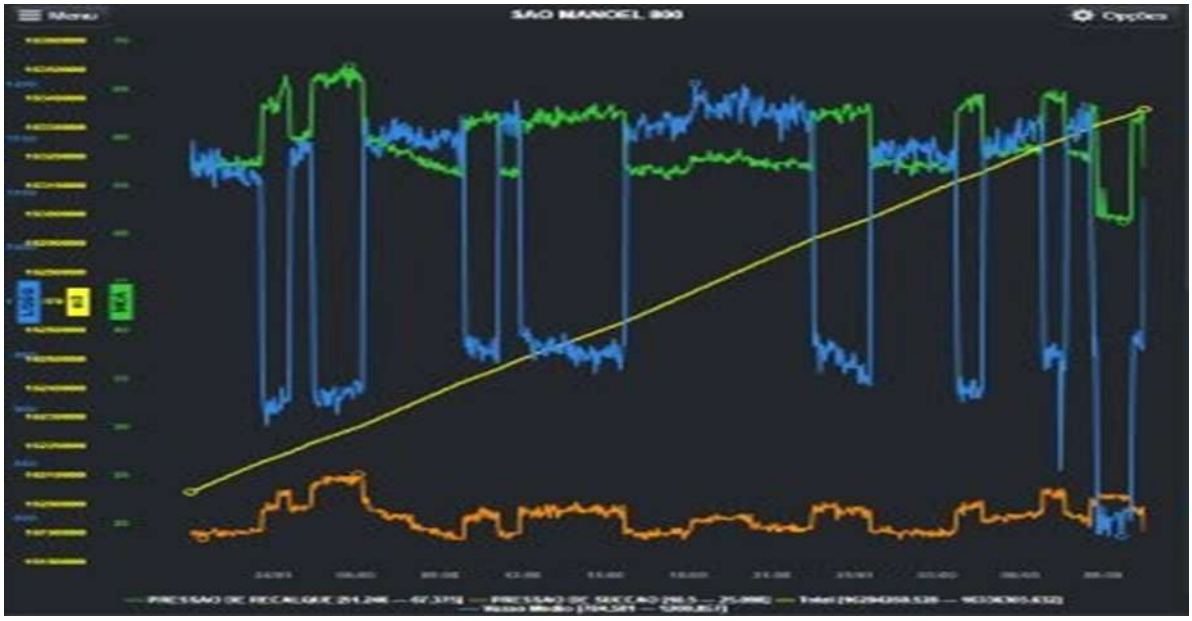


Figura 14: Macromedidor Estação de Bombeamento de Água Tratada São Manoel.



Figura 15: Macromedidor Estação de Bombeamento de Água Tratada Restinga

MÉTODOS

Utiliza-se o conceito de BI para realizar as principais tarefas do CSO.

Através de conexões com os mais diversos bancos de dados do DMAE, temos uma gama de informações que vão desde a parte comercial (SCA), passando pelos serviços (156poa) e chegando à operação das estações (Elipse).

Com a análise dos dados provenientes destes bancos, iniciam-se as análises dos eventos relativos coleta, tratamento e distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto cloacal, coleta e devolução as manancial das águas pluviais e toda a gama de serviços relativos a estes processos, resultando destas análises, relatórios e mapas temáticos, relativos a estes processos e eventos, conforme descritos no item Ferramentas.

Estas análises são realizadas por Analistas de TI e Engenheiros, os quais participam ou participaram direta ou indiretamente dos processos de operação ou nos desenvolvimentos dos sistemas envolvidos.

Com seus conhecimentos destes processos, eles agregam ainda mais nos resultados obtidos, pois permitem que façam de forma macro estas análises.

O cruzamento de dados de serviços como rompimento de redes e fugas, com dados operacionais como uma parada de estação por falha eletromecânica, pode identificar a origem do problema, que pode ser uma brusca variação de pressão na rede, causando um fenômeno conhecido como golpe de aríete, o qual pode ser a causa destes eventos.

Cruzar dados de serviços de alagamentos com problemas de manutenção ou operação em EBAPs e redes, para entender as causas destes eventos, é um exemplo de outra análise realizada.

Com esta análise podemos avaliar se o problema tem origem na estação por problemas eletromecânicos, bocas de lobo obstruídas ou se o dimensionamento das redes está abaixo da necessidade da área atingida.

Analisando os dados de operação das estações, podemos avaliar se os equipamentos estão sendo utilizados da melhor forma, buscando uma melhor performance dos mesmos. Verifica-se o tempo de operação do mesmo, número de ligamentos/desligamentos, horário desta operação (horo sazonal) e a capacidade deste grupo moto bomba, em relação a demanda da região por ele abastecida.

Com os dados de macromedição é feita uma análise sobre o consumo da área, avaliando a necessidade de ampliação dos grupos moto bombas, a utilização de chaves de partida eletrônicas (inversores de frequência ou soft starter), para melhor operação do consumo destas áreas e estimar as perdas nestas operações.

BANCOS DE DADOS UTILIZADOS:

- 156poa
- Siges

- SCA
- SDO
- Geodmae
- Elipse Água
- Elipse ETAs
- Elipse ETEs
- Elipse EBAPs
- Macromedidores - Zeus
- Unilins – dados analíticos
- VRPs - Vector

FERRAMENTAS GERADAS

A partir dos sistemas mencionados, o CSO-DMAE desenvolveu diversas ferramentas de análise, gestão e comunicação, conforme figuras 16 a 21.

MAPA ANÁLISE GERAL:

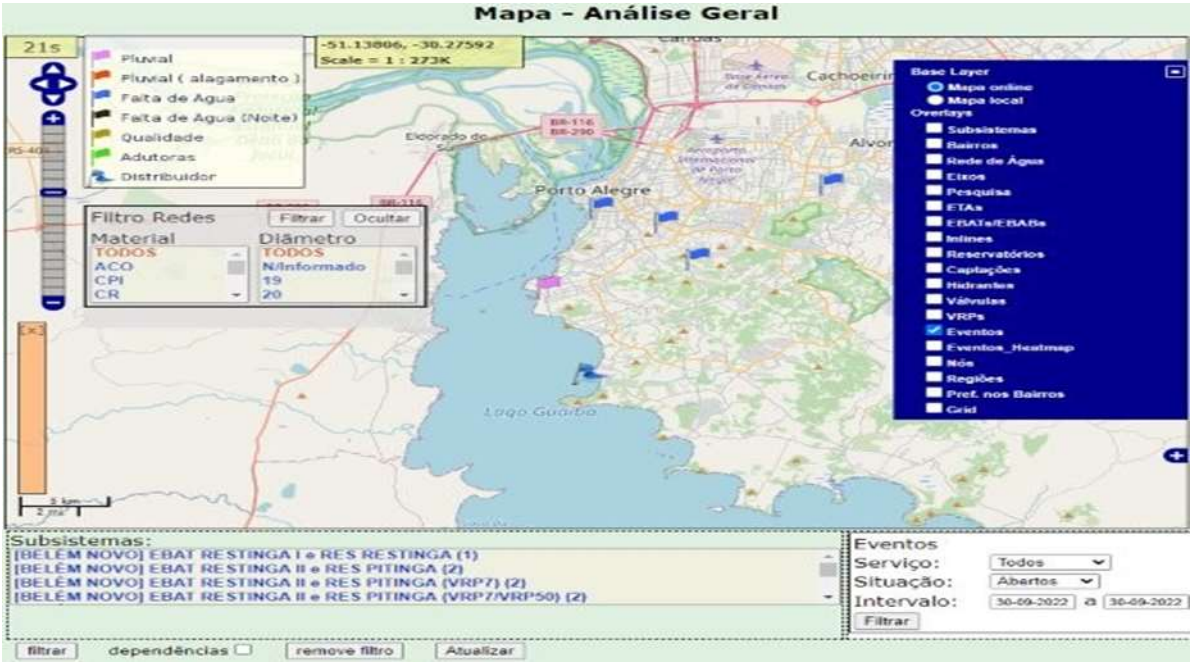


Figura 16: Mapa de Análise Geral para Serviços de Água.

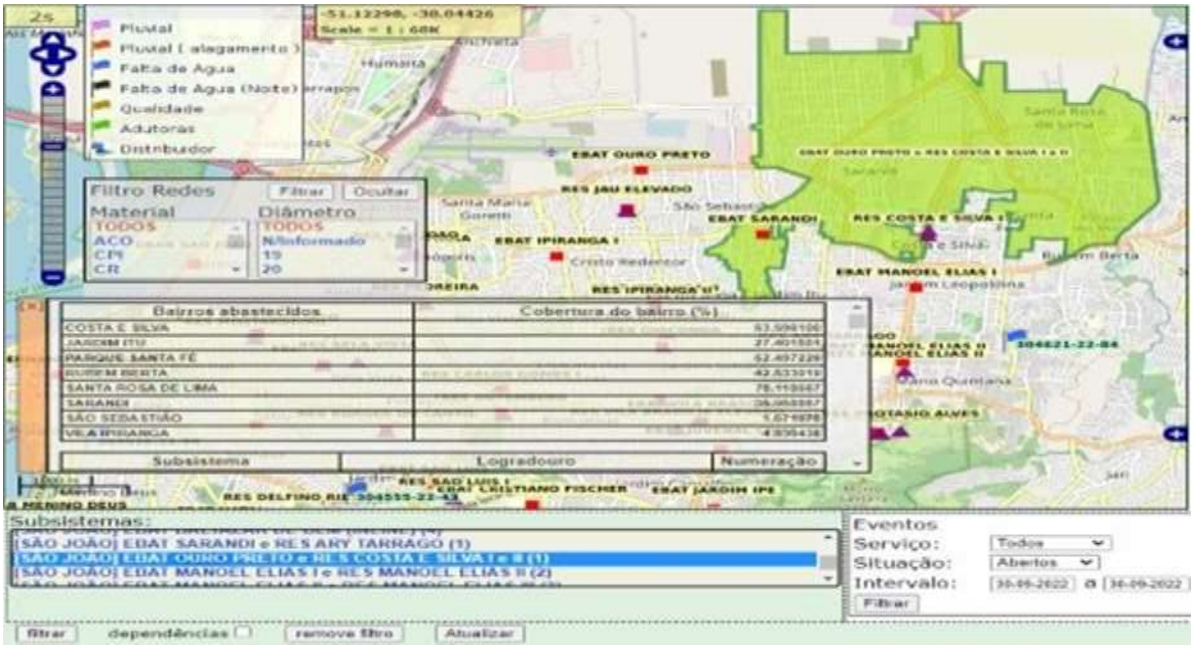


Figura 17: Mapa de Análise Geral. Subsistema EBAT Ouro Preto/Reservatório Costa e Silva.

MAPA ANÁLISE DE ALAGAMENTOS:

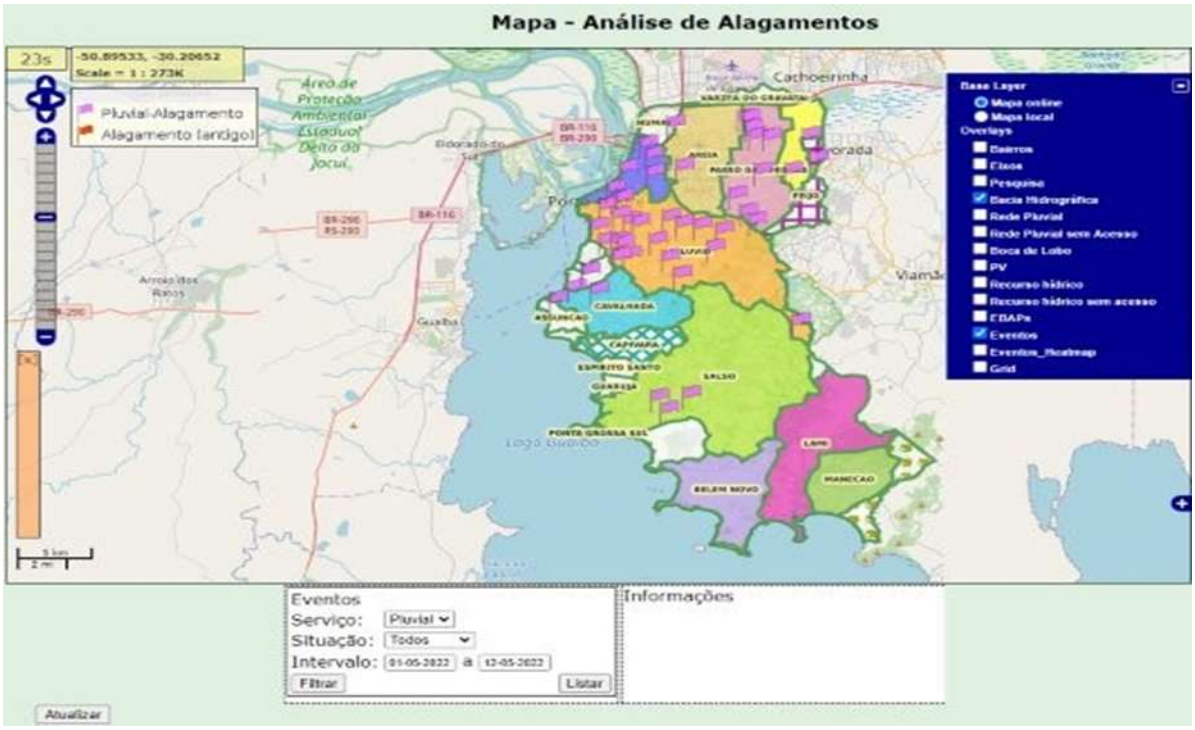


Figura 18: Mapa de Análise de Alagamentos.

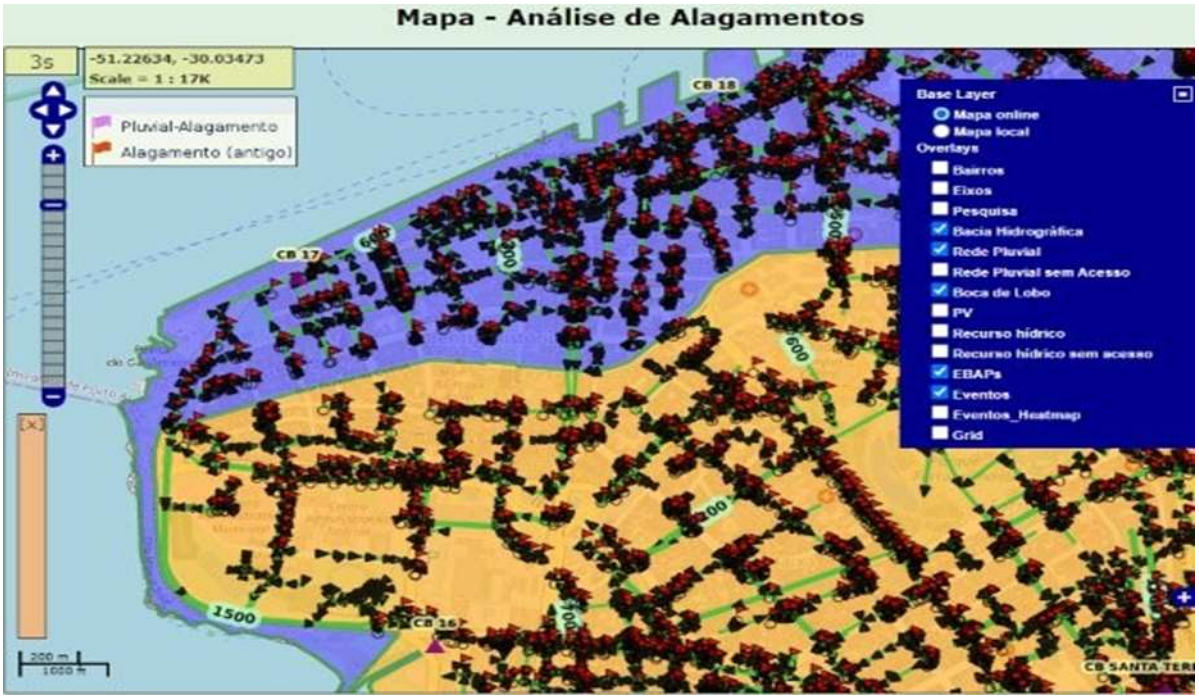


Figura 19: Mapa de Análise de Alagamentos. Camadas Bacias Hidrográficas e Redes Pluviais com Bocas de Lobo em destaque.

MAPA ANÁLISE QUALIDADE DA ÁGUA



Figura 20: Mapa de Análise de Qualidade da Água.

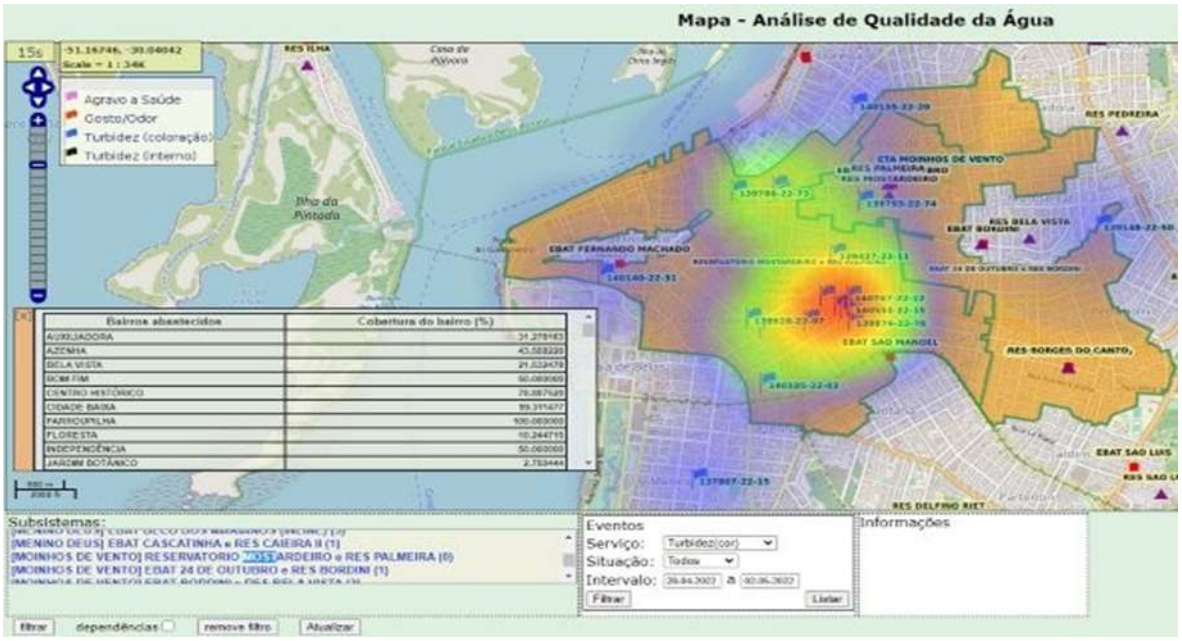


Figura 21: Mapa de Análise de Qualidade da Água. Eventos Turbidez Subsistema Moinhos de Vento/Gravidade.

CONCLUSÕES

- ✓ Melhorias nos processos de operação das estações e grupos moto bombas, visando melhor utilização dos conjuntos moto bombas (menor número de partidas, redução da pressão noturna), com diminuição dos transientes hidráulicos que causam problemas nas redes, redução no consumo de energia com a melhor operação através do uso de inversores e evitando a operação nos horários de maior valor da energia (horo sazonal), além da redução da manutenção eletromecânica e aumento da vida útil dos equipamentos.
- ✓ Melhoria nos novos Termos de Referência (novos contratos a serem licitados) onde são analisados os desempenhos das equipes contratadas, oferecendo aos gestores relatórios com dados sobre cada um dos contratos, onde se pode avaliar se eles estão dimensionados de forma a atender as demandas, tanto no que tange a quantitativos de equipes e equipamentos, quanto aos serviços descritos nestes contratos, trazendo uma melhoria evolutiva aos mesmos.
- ✓ Melhor uso dos dados dos sistemas contratados ou desenvolvidos pelo Departamento, pois com a integração destes bancos de dados, são executados BIs, resultando em gráficos e relatórios para que a gestão do DMAE possa tomar melhores decisões.

IMPORTANTE

- Só conseguimos gerenciar os dados que medimos e validamos.
- Não é necessário um grande investimento para alcançar um bom nível de monitoramento dos processos industriais, bem como tais investimentos podem (e devem) ser realizados de forma planejada, incremental e que os ganhos obtidos sejam reinvestidos em novas melhorias no controle dos processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DMAE. SIGES. Sistema Gerenciador de Serviços. 2009. Software. Disponível em: http://siges.procempa.com.br/. Acesso em: 16 nov. 2022.
2. DORN, Alfredo Arthur (Coordenador) et al. Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre. Volume 1 Diagnóstico. 2015. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/pmsb_2015_volume_1_diagnostico.pdf. Acesso em: 16 nov. 2022.
3. ELIPSE SOFTWARE. Elipse E3. Versão 6.1.98. Software. Porto Alegre – RS. 2022. Acesso em: 16 nov. 2022.
4. HOFFMANN, César Xavier, TABIM, Paulo Ricardo Dias e TESSIS, José Eduardo Coutinho. 156POA. Porto Alegre - RS. 2016. Disponível em: https://156poa.procempa.com.br/. Acesso em: 16 nov. 2022.
5. MICROCOM SISTEMAS MODULARES. ZEUS. Versão 5.8.60. Guipúscoa, Espanha: 2022. Software. Disponível em: http://zeus.zeben.com.br. Acesso em: 16 nov. 2022.
6. PROCEMPA. GEODMAE. Disponível em: https://mapaspoa.procempa.com.br/consultadmae/. Porto Alegre - RS. Software. Acesso em: 16 nov. 2022.
7. SANTOS, Elisete Silva dos (Coordenador) et al. Dados gerais DMAE. Porto Alegre – RS. 2021. Site. Disponível em: http://lintranet.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae-intranet/usu_doc/dados_gerais_2021_web.pdf. Acesso em 16 nov. 2022.
8. SOFTEXPERT, SoftExpert Excellence Suite – SE SUITE. Release 2.1.9 Patch 95. Joinville - SC: 16 nov. 2022. Software. Disponível em: https://sesuite.procempa.com.br. Acesso em: 16 nov. 2022.
9. TEAMVIEWER. TeamViewer. Versão 15.35.9. Software. Disponível em: https://www.teamviewer.com/pt-br/download/windows/. Acesso em: 16 nov. 2022.
10. UNICORP INFROMÁTICA INDUSTRIAL. UNILIMS. Versão 9.4.1.19. Software. São Paulo – SP: 28 set. 2022. Acesso em: 16 nov. 2022.

Capítulo 9

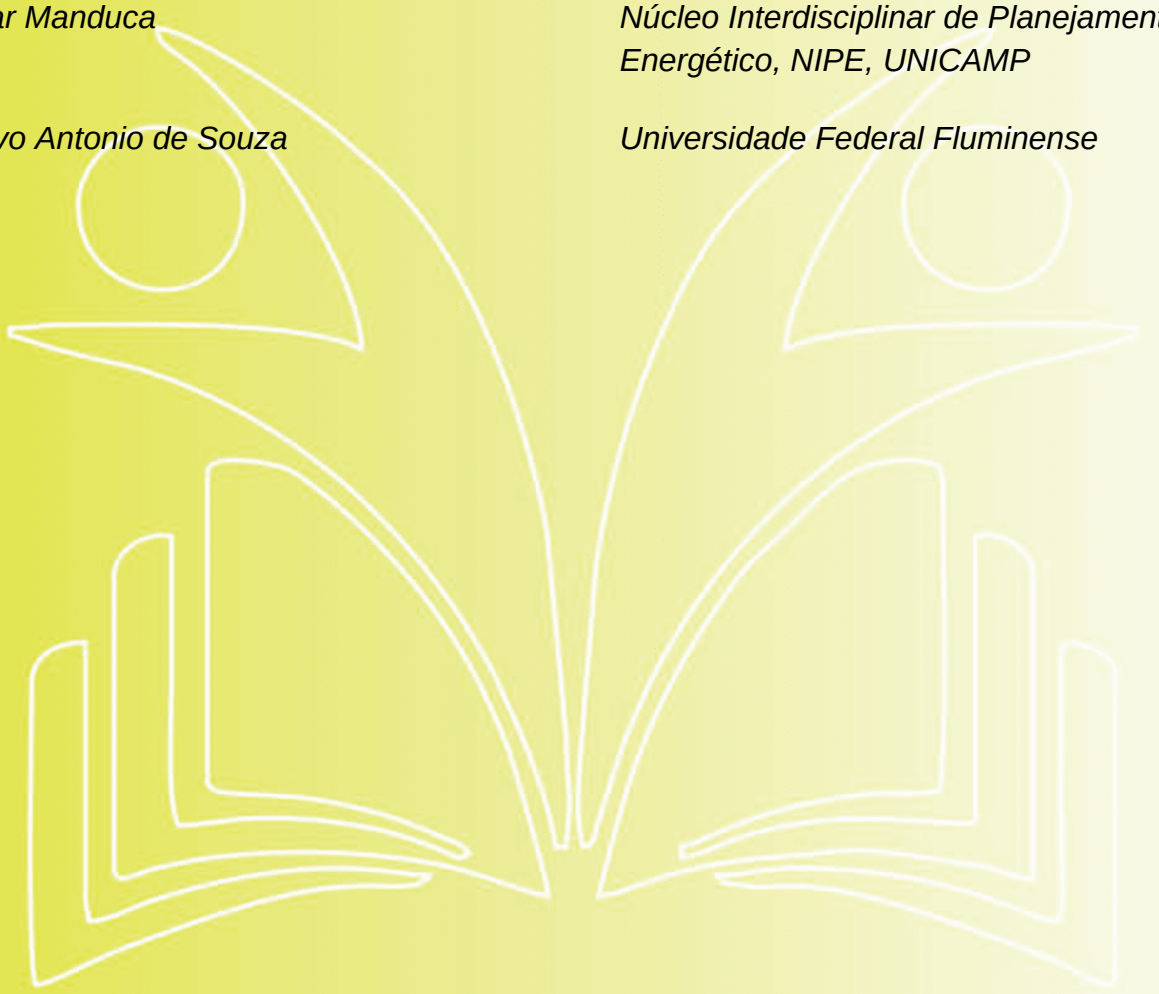
10.37423/230908220

BIORREFINARIA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO: PRODUÇÃO DE BIOPRODUTOS SOB O CONCEITO DA ECONOMIA CIRCULAR

Mauro Donizeti Berni — *Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, NIPE, UNICAMP*

Paulo Cesar Manduca — *Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, NIPE, UNICAMP*

Luiz Gustavo Antonio de Souza — *Universidade Federal Fluminense*



Resumo: O lodo biológico produzido em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) pode representar mais de 50% dos custos operacionais de uma ETE. Associado a isto, a destinação inadequada desse resíduo em lixões e aterros sanitários controlados são vistos como um problema ambiental que acarreta prejuízos para o meio ambiente e para a saúde pública. Nesse sentido, a busca por novas tecnologias de valorização deste resíduo deve ser priorizada. Em contraste a isto no Brasil, países europeus exigem que os lodos sejam utilizados para produção de energia ou submetidos a processos para a obtenção de bioprodutos de maior valor agregado. Estudiosos do assunto indicam que as ETEs, devem ser vistas como potenciais biorrefinarias incorporando os conceitos da economia circular no saneamento, modeladas para recuperação de bioprodutos de alto valor agregado. O objetivo deste trabalho foi o de propor uma metodologia "enxuta", internalizando os conceitos de biorrefinaria e de economia circular, visando determinar o potencial técnico da recuperação de bioprodutos de alto valor agregado (biogás, fertilizantes e água de reuso) para uma ETE de município de médio porte no Estado de São Paulo.

Palavras-chave: *Biorrefinaria, Economia Circular, Saneamento, Bioprodutos, Potencial Técnico.*

INTRODUÇÃO

No Brasil, o manuseio e descarte do lodo proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é considerado um problema ambiental, pois conforme Nascimento (2022) apud Nizami et al. (2017), na maioria dos países em desenvolvimento, o lodo biológico residual é descartado em lixões ou aterros sanitários controlados, sem qualquer controle ou regulamentação. Em contraste a isso, países europeus exigem que estes compostos sejam utilizados para produção de energia ou submetidos a processos para a obtenção de bioprodutos de maior valor agregado. A partir de iniciativas como essas, conforme discorre Giacomo e Romano (2022), as ETEs podem ser vistas como potenciais biorrefinarias incorporando os conceitos da economia circular no saneamento, modeladas para recuperação de bioprodutos de alto valor agregado.

Não obstante, a aprovação do Novo Marco Legal do Saneamento (NMLS) pelo Governo Federal em 2020, cuja meta é alcançar a universalização até 2033, garantindo que 99% da população tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e a coleta de esgoto, bem como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010, que tem como tem como objetivo principal o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, serem importantes instrumentos regulatórios na busca da universalização do serviço de saneamento no Brasil, a expansão dos serviços de saneamento, deve ser acompanhada por um aumento do nível de eficiência operacional na prestação do serviço com custos decrescentes.

Neste contexto, as biorrefinarias em saneamento incorporando os conceitos da economia circular, será imprescindível para a competitividade do setor de saneamento e garantir perenidade em uma nova cadeia de valor.

OBJETIVO

O lodo de esgoto de ETEs é uma biomassa residual a ser utilizada para produzir novos recursos renováveis, que podem entrar na própria cadeia produtiva ou como matéria-prima em outros setores econômicos. O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia “enxuta”, internalizando os conceitos de biorrefinaria e de economia circular, visando determinar o potencial técnico da recuperação de bioprodutos de alto valor agregado (biogás, fertilizantes e água de reuso) de uma ETE de município de médio porte no Estado de São Paulo.

METODOLOGIA

O estudo e avaliação dos potenciais técnicos da biorrefinaria, anexa, a ETE, tem como base, banco de dados de uma ETE localizada em município de médio porte do Estado de São Paulo, para a qual foi realizado estudo de viabilidade técnico-econômico, visando a instalação de um sistema híbrido de geração de energia, utilizando o software Homer. Os resultados do referido estudo, estão publicados em Journal of Environmental Management, Volume 305, 1 March 2022, 114389, em artigo intitulado "*Design and techno-economic analysis of a hybrid system for energy supply in a wastewater treatment plant: A decentralized energy strategy*".

Além disso, a metodologia adotada contempla a pesquisa aos arquivos públicos e análise dos documentos e revisão bibliográfica sobre o tema saneamento básico, meio ambiente, tecnologias de geração de energia e o aproveitamento energético de lodos e o processamento de bioprodutos em biorrefinarias. Segue-se o desenho da biorrefinaria e cálculo dos potenciais técnicos de recuperação de bioprodutos e bioenergia, a saber:

i. PTE: potencial técnico para geração de biogás e eletricidade;
ii. PTF: potencial técnico de produção de digerido (fertilizante); e
iii. PTA: potencial técnico para produção de água bruta para reúso.

O conhecimento dos potenciais técnicos é um dos pilares fundamentais para que sejam identificadas e direcionadas as ações apropriadas para que eles possam ser efetivamente aproveitados. Este conhecimento, em conjunto com um portfólio adequado de políticas e o monitoramento de processos produtivos, compõe a abordagem sistêmica necessária para a valorização do resíduo "lodo". O potencial teórico não considera aspectos tecnológicos, enquanto o potencial técnico leva em conta as restrições tecnológicas e os marcos regulatórios a serem considerados.

A quantidade de lodo gerado por ano na ETEbase é calculada pela equação (1).

$$\boldsymbol{Qlodo\ (ton)} = \frac{\left[\boldsymbol{produção\ lodo}\left(\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{hab.dia}}\right)*\boldsymbol{população\ (hab)}*\boldsymbol{360\ (dia)}\right]}{\boldsymbol{1000}} \qquad \textbf{(1)}$$

O potencial técnico de energia de lodo da ETEbase (PTE) é calculado para as alternativas i) incineração direta – equação (2) e ii) produção de biogás equações (3) e (4).

$$\boldsymbol{PTEinicineração\ (MJ)} = \boldsymbol{Qlodo(ton)} * \boldsymbol{PCIlodo}\left(\frac{\boldsymbol{MJ}}{\boldsymbol{ton}}\right) \qquad \textbf{(2)}$$

$$\boldsymbol{Qbiogas\ (m^3)} = \boldsymbol{Qlodo\ (ton)} * \boldsymbol{9.86}\frac{\boldsymbol{m^3}}{\boldsymbol{ton}} \qquad \textbf{(3)}$$

$$\boldsymbol{PTEbiogas\ (MJ) = Qbiogas\ \ (m^3) * PCIbiogas(\frac{MJ}{N\ m^3})} \qquad \textbf{(4)}$$

Nos cálculos do PTF e PTA, utilizam-se informações tabuladas em estudo de tratamento de esgotos de Von Sperling (2001), quando ao afluente de um sistema de tratamento anaeróbio com reator UASB, a saber: i) lodo resultante de centrifugação apresenta um teor de sólidos médio de 25%; e ii) extração de água para reuso de 75% equações (5) e (6).

$$\boldsymbol{PTF\ (ton) = Qlodo\ (ton) * 0,25} \qquad \textbf{(5)}$$

$$\boldsymbol{PTA\ (ton) = Qlodo\ (ton) * 0,75} \qquad \textbf{(6)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste estudo de caso demonstram que os potenciais técnicos PTE, PTF e PTA, devem ser considerados como referências preliminares para a tomada de decisão na elaboração de projetos "leam" para o uso de lodo de ETEs. Os excedentes, em relação ao consumo próprio, da eletricidade gerada podem ser vendidos à rede pública e bioprodutos absorvidos pela economia regional. Os potenciais técnicos PTE, PTF e PTA são métricas que serão ferramentas de dimensionamento de ETE nesta nova conjuntura brasileira. Estes potenciais servirão com benchmarking para as atuais e futuras ETE.

A quantidade e qualidade do lodo produzido por uma ETE depende da vazão de esgoto tratado, das características do esgoto, do tipo de tratamento e da operação da ETE. O tratamento de esgotos gera lodos cujo aproveitamento permitem a recuperação de materiais gasosos, líquidos e sólidos.

Os resultados e discussões apresentados a seguir, mostram os potenciais técnicos PTE, PTF e PTA, que devem ser considerados como benchmarkings preliminares para a tomada de decisão na elaboração de projetos "leam" de aproveitamento de lodos em ETEs, através de sistemas híbridos.

Para o estudo de caso, tem-se como premissa informações do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município onde está localizada a ETEbase. De acordo com o PMSB, estima-se que 80% do volume de água consumido pela população é posteriormente coletado sob forma de esgoto doméstico. Para um consumo per capita de água de 188 l/hab.d, têm se a geração diária de esgotos per capta 150 l/hab.d.

A produção de anual de lodo da ETEbase com a tecnologia de lodo ativado com aeração prolongada (LAAP) (Qlodo), considera-se o valor médio obtido em balanço de massa teórico de uma produção de

lodo de 0,29 kg/hab.dia, base seca, (VON SPERLING, 2001) com o atendimento de 65% da população que possui coleta e tratamento (58.500 habitantes), através da equação (1).

A produção de lodo efluente da ETEbase no ano de 2018 foi de 6.192 toneladas.

O aproveitamento energético do biogás derivado de ETEs é uma prática adotada por vários países. O biogás pode ser destinado à queima direta para gerar energia térmica (incineração) ou pode ser convertido em energia elétrica em motores de combustão externa, turbinas a gás e microturbinas. Essa utilização do biogás, além de evitar a emissão do gás metano à atmosfera, representa uma nova alternativa na matriz energética do país. A redução dos gases de exaustão também acaba com o forte odor oriundo da digestão anaeróbia do lodo (CETESB, 2016).

O do PTE da alternativa incineração do lodo é calculado conforme a equação (2), considerando o PCI do lodo de 2 MJ/kg, desidratado em filtro prensa com umidade final de 58,7% (ROSA et al., 2016; LOBATO, 2011).

O PTE com incineração do lodo da ETEbase é de 12,4 MJ

Para o cálculo do PTE do biogás, considera-se potencial energético observado por QUEIROZ et al. (2018) em estudo de biodigestores UASB na CEDAE, Estação de Tratamento de Esgoto da Penha, RJ, da ordem de 9,86 m³ de biogás por tonelada de substrato. Através das equações (3) e (4), calcula-se respectivamente, a produção de biogás (m3) e o PTEbiogas (MJ).

O PTE com biogás do lodo da ETEbase é de 1.312.640 MJ.

Das alternativas de aproveitamento do lodo da ETEbase, verifica-se que o PTE do biogás indica uma opção mais promissora e, portanto, ser a escolhida para aprofundamento de estudos do potencial econômico. Com o aproveitamento energético do biogás obtido a partir do lodo da ETEbase, os benefícios esperados para a ETEbase relacionam-se com a redução de despesas com energia elétrica; redução da produção de lodo global; acréscimo na eficiência do tratamento de esgoto; redução de emissões de GEE e o aumento da sustentabilidade energética global.

Nos cálculos do PTF e PTA, utiliza-se informações tabuladas em estudo de tratamento de esgotos de Von Sperling (2001), quando ao afluente de um sistema de tratamento anaeróbio com reator UASB, a saber: i) lodo resultante de centrifugação apresenta um teor de sólidos médio de 25%; e ii) extração de água para reuso de 75%. O eventual decaimento do total de lodo da ETEbase de 6.192 toneladas por ano foi desprezado para calcular o PTF e PTA (Equações 5 e 6).

O PTF biossólido na forma de fertilizante é de 1.532 toneladas por ano.

O biossólido resultante após digestão anaeróbia pode ter dois caminhos. O primeiro, ineficiente, será enviar para aterro sanitário controlado. O segundo é o seu aproveitamento enquanto fertilizante. Para tanto, faz-se necessário um tratamento, visando corrigir características negativas patogênicas, ainda existente e produzir um material sólido, estável, que não seja nocivo à saúde e possa ser manuseado facilmente e com baixo custo. Os métodos utilizados para estabilizar os biossólidos gerados podem ser processos físicos, físico-químicos e biológicos (JORDÃO E PESSÔA, 2014). Com a finalização da caracterização laboratorial do biossólido fertilizante, serão avaliadas as possibilidades de deslocamento de fertilizante fóssil da agricultura do entorno da ETE. Resultados serão disponibilizados em próximo trabalho.

O PTA do reuso de água PTA obtido através da equação (6) é de aproximadamente 4.644 toneladas por ano

O reuso de água não é um conceito novo e vem sendo praticado em todo o mundo em função da presença de oxigênio. O maior consumo de água e a menor disponibilidade hídrica têm feito do reuso um tema de grande importância. Tem sido crescente a consciência do uso racional da água, necessidade de redução de perdas, desperdícios e do reuso de efluentes tratados.

Foi aprovado pelo Senado Federal Brasileiro o Projeto de Lei n. 4.162 de 2019 cujos objetivos são centralizar a regulação dos serviços de saneamento básico e instituir a obrigatoriedade de licitações e regionalizar a prestação a partir da montagem de blocos de municípios (SENADO FEDERAL, 2020). O Projeto de Lei estende os prazos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, de 2010) para que as cidades encerrem os lixões a céu aberto. Os novos prazos iriam até 2021 para capitais e regiões metropolitanas e, até 2024 para municípios com até 50 mil habitantes.

No Brasil as principais aplicações de reuso de água tem sido através da irrigação de áreas cultiváveis; aspersão de áreas de parques e campos esportivos; reuso nas atividades do setor de saneamento; uso domiciliar e comercial como água não potável; reuso industrial; recarga artificial de aquíferos; uso público; uso na construção civil e reservação com fins recreacionais.

O resultado do PTA é inicial e no momento, simulações estão sendo executadas para avaliar a superfície vegetal que pode ser irrigada, considerando a variável de contorno evapotranspiração e desconsideração do parâmetro precipitação. Resultados serão disponibilizados em próximo trabalho.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização do conceito de potenciais técnicos para o projeto e/ou *retrofit* de ETEs, ainda é uma prática pouco difundida no Brasil. A superação do enorme déficit que o país tem em coleta e saneamento traz, em sua esteira, um potencial significativo de bioprodutos que podem ser gerados com o substrato do lodo. Nesse caso, existem mecanismos de incentivo que podem garantir que as ETEs atuais e futuras sejam consideradas biorrefinarias.

Os esgotos constituem uma fonte importante para a geração de biogás pelo alto teor de matéria orgânica, água de reuso e fertilizante orgânicos. Esta prática ainda é pouco difundida nas ETEs do Brasil. A superação do enorme déficit que o País tem na coleta e tratamento dos esgotos traz, em seu bojo, um potencial significativo de geração de energia elétrica com o biogás que pode ser gerado com este substrato, cabendo mecanismos de fomento que possam assegurar que as atuais e futuras ETEs contemplem a integração de sistemas híbridos sob o conceito de biorrefinaria em ETEs. Estudos continuam a serem executados tendo o presente trabalho, indicativos metodológicos, visando estabelecer *benchmarkings* para *retrofits* ou novos projetos de ETEs, aderentes a economia circular através da recuperação de materiais de lodos gerados, mitigando impactos ambientais com a geração de emprego e renda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Biogás: projetos e pesquisas no Brasil, CETESB responsável técnico João Wagner Silva Alves, São Paulo: SMA, 2016, 184 p.

2. GIACOMO G. D., ROMANO P., Evolution and Prospects in Managing Sewage Sludge Resulting from Municipal Wastewater Purification, Energies 2022, 15, 5633. https://doi.org/10.3390/en15155633, https://www.mdpi.com/journal/energies, 2022.

3. JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A., Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambinetal, ABES, 2014, 1087 p.

4. LOBATO, L. C. S., Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico, Orientador: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Tese (doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2011, 184 p.

5. NASCIMENTO, E. C. P., Recuperação de bioprodutos de lodo granular aeróbio e de consórcio granular algal-bacteriano, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2022, 90 pp.

6. NIZAMI, Abdul-Sattar et al. Waste biorefineries: enabling circular economies in developing countries. Bioresource technology, v. 241, p. 1101-1117, 2017.

7. QUEIROZ et al., Caracterização da Produção de Biogás a Partir da Biodigestão de Lodo de Esgoto, VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, RS, 2018, 10 p.

8. ROSA, A. P. et al., Energy potential and alternative usages of biogas and sludge from UASB reactors: case study of the Laboreaux wastewater treatment plant (Itabira), Eng Sanit Ambient, v.21, n.2, abr/jun, 315-328, DOI: 10.1590/S1413-4152201612332, 2016.

9. SENADO FEDERAL, 2020, PL 4.162/2019, Marco Regulatório do Saneamento, Disponível: https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/04/06/novo-marco-do-saneamento-basico-pode-ser-votado-no-combate-ao-coronavirus, Acessado: março 2023.

10. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuarias, 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2001, 452 p.

Capítulo 10

10.37423/230908223

ANÁLISE DO FLUXO DE CARBONO POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO E VEGETAÇÃO

Nícholas de Paula Nicomedes — *Universidade de Sorocaba (Uniso)*

Renan Angrizani de Oliveira — *Universidade de Sorocaba (Uniso)*

Vanessa Cezar Simonetti — *Universidade de Sorocaba (Uniso)*

Darllan Collins da Cunha e Silva — *Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS)*

Resumo: Tendo em vista a constante demanda por recursos naturais e, consequentemente, a degradação ambiental, torna-se necessária a realização de ações que avaliem os diferentes compartimentos ambientais. Nesse sentido, o solo é fundamental na estocagem de carbono, atuando, assim, como um grande compartimento biogeoquímico. Sendo assim, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo é fundamental para o entendimento da dinâmica entre solo-vegetação e o fluxo de carbono entre esta interface. O objetivo deste estudo consiste na análise dos atributos químicos do solo e investigação da interface solo-vegetação, bem como suas respectivas interações com o fluxo de carbono na Universidade de Sorocaba (Uniso). A proposta metodológica contemplou coletas de solos distribuídas em malha uniforme pela Uniso, sendo analisados os atributos químicos do solo, como o pH, matéria orgânica e macronutrientes, que foram comparados com os índices: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Photosynthetic Reflectance Index (PRI). Para tanto, o estudo foi desenvolvido com o apoio do ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR), sendo utilizadas imagens orbitais para identificação da vegetação, bem como para elaboração dos índices. As técnicas utilizadas na presente pesquisa demonstram que as áreas onde são registrados os maiores valores dos atributos químicos investigados, possuem relação com a vegetação. O CO2flux mostra aspectos positivos na conservação da vegetação, porém em áreas com baixa saudabilidade, exigem que os macronutrientes e matéria orgânica estejam em níveis adequados e pH equilibrado, destacando a importância do monitoramento e planejamento ambiental para a conservação do meio ambiente no campus.

Palavras-chave: Carbono. Fertilidade do Solo. Geoestatística. SIG. Solo.

1 INTRODUÇÃO

Os solos possuem grande importância no que se refere à qualidade do meio ambiente, pois proporcionam diversos benefícios à população através dos serviços ambientais, uma vez que fornece recursos para a produção de alimentos, regulação do ciclo hidrológico, estoque de carbono, dentre outros (RAIJ, 2011; PREVEDELLO et al., 2013).

Nesse sentido, as análises espaciais do solo representam mecanismos para a comunicação de informações sobre diversos aspectos, permitindo a avaliação da situação atual e sua tendência de comportamento, possibilitando, assim, a avaliação em uma escala temporal e espacial (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

O constante avanço tecnológico permite que sejam criados softwares capazes de executar tarefas complexas com extrema exatidão, trabalhando uma infinidade de dados simultaneamente (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Do mesmo modo, os satélites são cada vez mais aperfeiçoados, proporcionando qualidade de imagem de alta resolução. Para tanto, a partir do tratamento das informações em softwares e hardwares específicos, é possível analisar os fenômenos estudados e correlacioná-lo espacialmente (SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017).

A vegetação exerce fundamental importância ao que concerne à proteção dos recursos hídricos e a conservação dos solos (RODRIGUES; LEITÃO FILHO, 2009). No entanto, o desmatamento das florestas é um dos principais agravantes para a emissão de gás carbônico para a atmosfera, o que favorece o aquecimento global.

Gonçalves (2015) realizou uma ampla pesquisa acerca da interação dos aspectos pedológicos na vegetação, e constatou que a conservação dos fragmentos florestais depende intrinsicamente da conservação dos solos.

Diversos estudos foram realizados no sentido de analisar o fluxo de carbono com auxílio de geoprocessamento, como os realizados por Amaral et al. (2010), que analisaram a estocagem de carbono e biomassa vegetal de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa, de domínio da Mata Atlântica no Paraná. Os autores utilizaram métodos geoestatísticos para determinar a variabilidade espacial do carbono e encontraram resultados bastante satisfatórios.

Estudos realizados por Morais et al. (2017) analisaram a distribuição espacial e vertical do carbono em serapilheiras em uma área de Cerrado em Minas Gerais. Com o auxílio de geoprocessamento, os autores identificaram que a distribuição espacial do carbono apresenta maior concentração nas

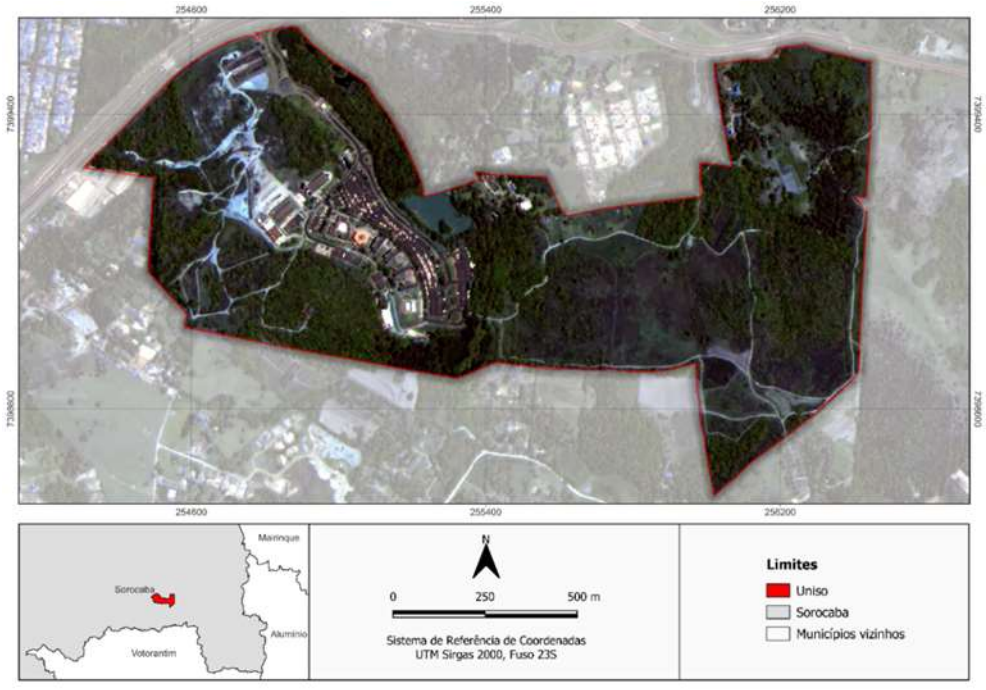
camadas mais superficiais do solo, com exceção das raízes mais grossas presentes nas camadas mais profundas do solo. Já os estudos realizados por Paiva et al. (2011) estimaram o carbono proveniente de galhos, troncos e serapilheira de uma área de Cerrado no Distrito Federal e verificaram que o maior estoque de carbono está presente no compartimento do solo.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo central analisar as interações existentes entre os atributos químicos do solo, a vegetação e o fluxo de carbono.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) está localizada no Câmpus Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi da Universidade de Sorocaba (Uniso), que pertence à Bacia Hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim e Bacia Hidrográfica do Taquaravaí, localizada no município de Sorocaba. Quanto à vegetação, a área está inserida em um ecótono, com domínio de Mata Atlântica e Cerrado, com o clima caracterizado por chuvas no período do verão e invernos secos, classificado como Cw, e uma precipitação média de anual de 1.311 mm (CORRÊA et al., 2016).

Figura 1 – Área de estudo: Universidade de Sorocaba



Fonte: Próprio autor (2022)

O local foi selecionado para estudo por apresentar uma considerável importância ao que tange à conexão dos remanescentes florestais do município, no qual a Uniso está inserida. Ainda, os recursos

hídricos presentes na área de estudo possuem uma elevada importância, uma vez que o rio Pirajibu-Mirim é responsável pelo abastecimento de água de cerca de 10% da população do município de Sorocaba (CORRÊA et al., 2016).

A coleta de solos foi realizada em 30 pontos amostrais distribuídos por meio de técnicas de geoprocessamento por intermédio do software QGIS 3.22.14, de forma a dispor uniformemente 30 pontos amostrais, os quais estão equidistantes a 215 metros no Campus da Cidade Universitária Prof. Aldo Vannucchi na profundidade de 0-20 cm, onde foram retirados 500g de solo com um trado holandês confeccionado em aço inox e enviado ao Laboratório de Física do Solo e de Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus de Botucatu, sendo estimadas de acordo com Raij et al. (2001). Os resultados foram submetidos à estatística básica: valor médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados também foram categorizados e adaptadas, segundo as classes florestais de Raij et al. (2001), de acordo com a classificação disposta na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos atributos do solo

Classificação	P (mg/dm³)	K ($mmol_c/dm^3$)	Ca ($mmol_c/dm^3$)	Mg ($mmol_c/dm^3$)	pH
Muito Baixo	0 – 2,9	0,0 – 0,7	0,0 -1,7	0 – 2,0	0 – 4,3
Baixo	3,0 – 5,9	0,8 – 1,5	1,8 - 3,5	2,1 – 4,0	4,4 – 5,0
Moderadamente Baixo	6,0 – 8,0	1,6 – 3,0	3,6 – 5,3	4,1 – 6,0	5,1 – 5,5
Moderadamente Alto	8,1 – 16,0	3,1 – 6,0	5,4 – 7,0	6,1 – 8,0	5,6 – 6,0
Alto	> 16	> 6,0	> 7,0	> 8,0	> 6,0

Fonte: Adaptado de Raij et al., (2001)

Os pontos amostrais foram georreferenciados por meio de um Global Position System (GPS) para obtenção das coordenadas geográficas e posterior confecção dos mapas.

A interpolação dos dados coletados em campo foi realizada por meio do interpolador geoestatístico do Inverso do Quadrado da Distância (IQD), que é um interpolador univariado de médias ponderadas descrito pela Equação (1).

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{d_i^2} \times x_i\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{d_i^2}\right)} \qquad (1)$$

Sendo:

xp = atributo interpolado;

xi = valor do atributo do i-ésimo ponto de amostragem;

di = distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;

n = número de amostras.

Estudos realizados por Souza et al. (2010) concluíram que este interpolador apresenta resultados satisfatórios para estimar a distribuição de atributos dos solos, razão pela qual será utilizado neste estudo.

O mapeamento da cobertura vegetal da área foi realizado por meio de técnicas de geoprocessamento por intermédio do software QGIS 3.22.14. Para tanto, foram utilizadas imagens orbitais do China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) - 4A para a construção das imagens do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), obtidas em 9 de dezembro de 2022, cujo período é chuvoso para área de estudo. O NDVI trata do comportamento espectral da vegetação, estando entre os índices de vegetação mais utilizados atualmente (SILVA et al., 2017). Para tanto, será utilizada a seguinte Equação (2):

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \qquad (2)$$

Sendo:

IVP = radiância no comprimento de onda do infravermelho próximo (800 nm);

V = radiância no comprimento de onda vermelho (660 nm).

O valor obtido da Equação (2) estará entre -1 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior será a presença de clorofila, correspondendo a uma maior atividade vegetativa. De modo oposto, quanto mais próximo o valor obtido estiver de - 1, menor será a atividade fotossintética do local (SILVA et al., 2017). Por conseguinte, as imagens NDVI foram segmentadas e classificadas em diferentes classes de uso e ocupação, de maneira a estabelecer relação das áreas analisadas (Tabela 2), conforme critério estabelecido por Aquino e Oliveira (apud AQUINO et al., 2018).

Tabela 2 – Classificação NDVI

Solo exposto / Água / Área construída		NDVI	≤ 0
Muito Baixo	0 <	NDVI	≤ 0,2
Baixo	0,2 <	NDVI	≤ 0,4
Moderadamente Baixo	0,4 <	NDVI	≤ 0,6
Moderadamente Alto	0,6 <	NDVI	≤ 0,8
Alto	0,8 <	NDVI	≤ 1

Fonte: AQUINO; OLIVEIRA apud AQUINO et al., 2018

O estudo também utilizou o *Photosynthetic Reflectance Index* (PRI), que trata de um índice que utiliza a diferença normalizada entre os comprimentos de onda do azul e verde (BAPTISTA, 2003), descrita pela Equação (3).

$$\mathrm{PRI} = \frac{(\mathrm{R_a}\text{-}\mathrm{R_v})}{(\mathrm{R_a} + \mathrm{R_v})} \qquad (3)$$

Sendo:

R_a = absorção no comprimento de onda azul (531 nm);

R_v = absorção no comprimento de onda verde (570 nm).

De acordo com Canavesi et al. (2010) o PRI é um índice capaz de expressar a taxa de CO_2 armazenada nas folhas. Sendo assim, os valores da Equação (3) variam entre -1 e 1, sendo que uma vegetação sadia deve apresentar valores entre -0,2 e 0,2. Entretanto, de modo a utilizar a integração dos índices supramencionados (NDVI e PRI) haverá a necessidade de reescalonar o PRI para que este apresente valores positivos, conforme a Equação (4) (SILVA; BAPTISTA, 2013).

$$sPRI = \frac{(PRI + 1)}{2} \qquad (4)$$

A partir da adequação do sPRI, foi realizada a determinação do fluxo de carbono (CO_2 *flux*) por meio da Equação (5) (RAHMAN et al., 2000; BAPTISTA, 2003; SILVA; BAPTISTA, 2013).

$$CO_2 flux = (NDVI \times sPRI) \qquad (5)$$

De acordo com Rahman et al. (2000), a integração do NDVI com o PRI, proposto por Baptista (2003), associados ao sensoriamento remoto, constituem uma ferramenta eficaz na determinação do fluxo de carbono, principalmente ao que tange o sequestro de carbono pela vegetação.

Apesar da escassez de referências relativas à classificação do índice de fluxo de carbono em trabalhos científicos, pode-se elaborar uma classificação analisada a partir da variação dos índices que a compõe.

Fundamentando-se na classificação de NDVI de Aquino et al. (2018) e em sua análise, a qual considera que os solos expostos, água e áreas construídas possuem valores abaixo de 0. Desta forma, sendo feita a categorização no intervalo de 0 a 1, considera-se, assim, para este estudo a seguinte classificação de fluxo de carbono apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação de Fluxo de Carbono (CO_2 *flux*

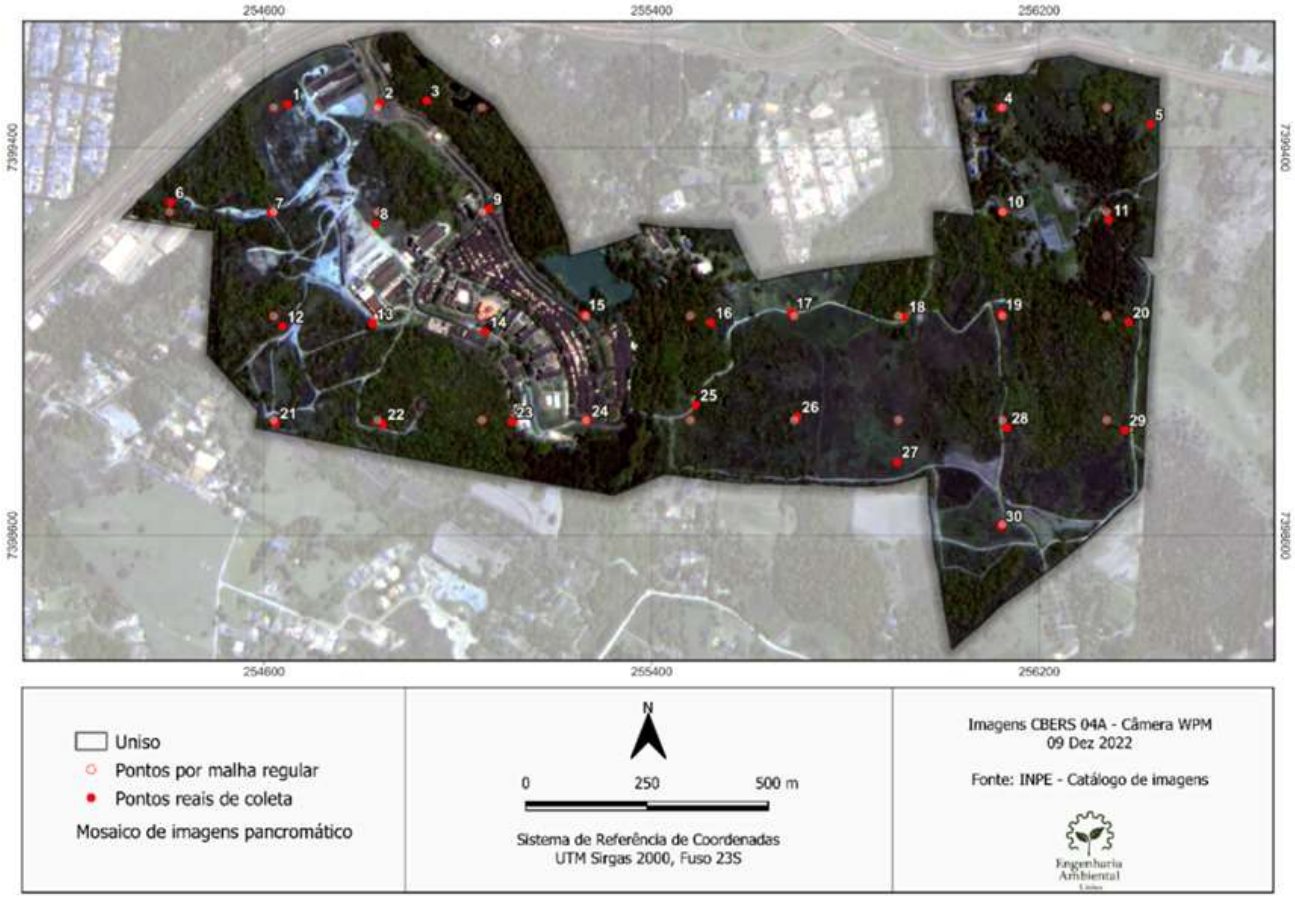
Solo exposto / Água / Área construída		CO_2 *flux*	≤ 0
Muito Baixo	0 <	CO_2 *flux*	≤ 0,2
Baixo	0,2 <	CO_2 *flux*	≤ 0,4
Moderadamente Baixo	0,4 <	CO_2 *flux*	≤ 0,6
Moderadamente Alto	0,6 <	CO_2 *flux*	≤ 0,8
Alto	0,8 <	CO_2 *flux*	≤ 1

Fonte: Próprio autor (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos amostrais definidos em malha uniforme, sofreram pequenos deslocamentos em sua posição, assim demonstrados na Figura 2, devido a precisão de 3 m do GPS utilizado, Modelo Garmin eTrex 10, e por razão do difícil acesso a locais fechados pela cobertura vegetal, entretanto esses pontos foram coletados na proximidade, mantendo a característica do ponto original, de maneira a não interferir significativamente no resultado.

Figura 2 – Distribuição amostral de solos coletados



Fonte: Próprio autor (2023)

Quanto aos usos da terra, os locais onde foram coletadas as amostras, em sua grande maioria, sofreram com modificações antrópicas, para construção de estradas, implantação de rede elétrica, pastagem, agricultura e silvicultura. Ao redor dos pontos onde o uso do solo se destina a pastagem, tais como nos pontos 17, 26, 27 e 30, nota-se a ausência da cobertura superficial do solo, tornando o solo exposto aos processos erosivos. A vegetação arbórea dos locais (pontos 3, 5, 6, 12, 16 ,18, 20, 22 e 29) se encontrava em baixa densidade, isoladas ou também com o adensamento da espécie arbórea exótica invasora, a Leucena (*Leucaena leucocephala*). Os pontos com maior influência das áreas construídas foram os pontos 1, 2, 8, 14, 15, 23 e 24.

Quanto aos resultados da análise dos atributos químicos do solo, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados dos atributos do solo

Ponto Amostral	K ($mmol_c/dm^3$)	Mg ($mmol_c/dm^3$)	Ca ($mmol_c/dm^3$)	P (mg/dm^3)	pH
1	1,0	9	17	6	4,4
2	1,4	12	24	5	4,6
3	2,4	18	21	6	4,8
4	2,1	31	72	7	5,5
5	0,9	25	28	4	4,7
6	0,9	29	21	3	5,0
7	1,1	6	10	1	4,4
8	2,2	25	16	15	5,0
9	1,9	30	28	5	5,0
10	1,0	32	32	6	5,3
11	2,2	44	49	10	5,3
12	1,7	35	13	3	4,6
13	1,2	14	16	3	5,0
14	1,6	34	34	8	5,0
15	1,5	32	21	7	4,5
16	1,3	23	13	4	4,3
17	1,0	44	57	12	5,6
18	2,7	28	29	63	4,5
19	1,7	36	21	6	4,7
20	1,3	27	15	3	4,4
21	2,2	32	16	3	4,7
22	1,7	36	17	5	4,4
23	1,8	39	56	10	5,1
24	2,1	18	11	1	5,0
25	3,5	36	95	12	5,8
26	2,3	32	27	6	4,6
27	2,6	29	23	6	4,8
28	1,5	34	12	4	4,3
29	3,5	43	25	7	5,0
30	1,8	34	20	16	5,0
Valor Médio	1,8	28,9	28,0	8,2	4,8
Mínimo	0,9	6,0	10,0	1,0	4,3
Máximo	3,5	44,0	95,0	63,0	5,8
Desvio Padrão	0,7	9,7	19,2	10,8	0,4
Coeficiente de Variação	37,6	33,4	68,5	131,2	8,0

Fonte: Autoria própria (2023)

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 4), o atributo que apresentou o maior desvio padrão foi o Ca, enquanto o pH obteve o menor desvio. Já o coeficiente de variação demostrou que o P possui o maior valor de coeficiente de variação, enquanto o pH, novamente apresenta o menor resultado em seu valor.

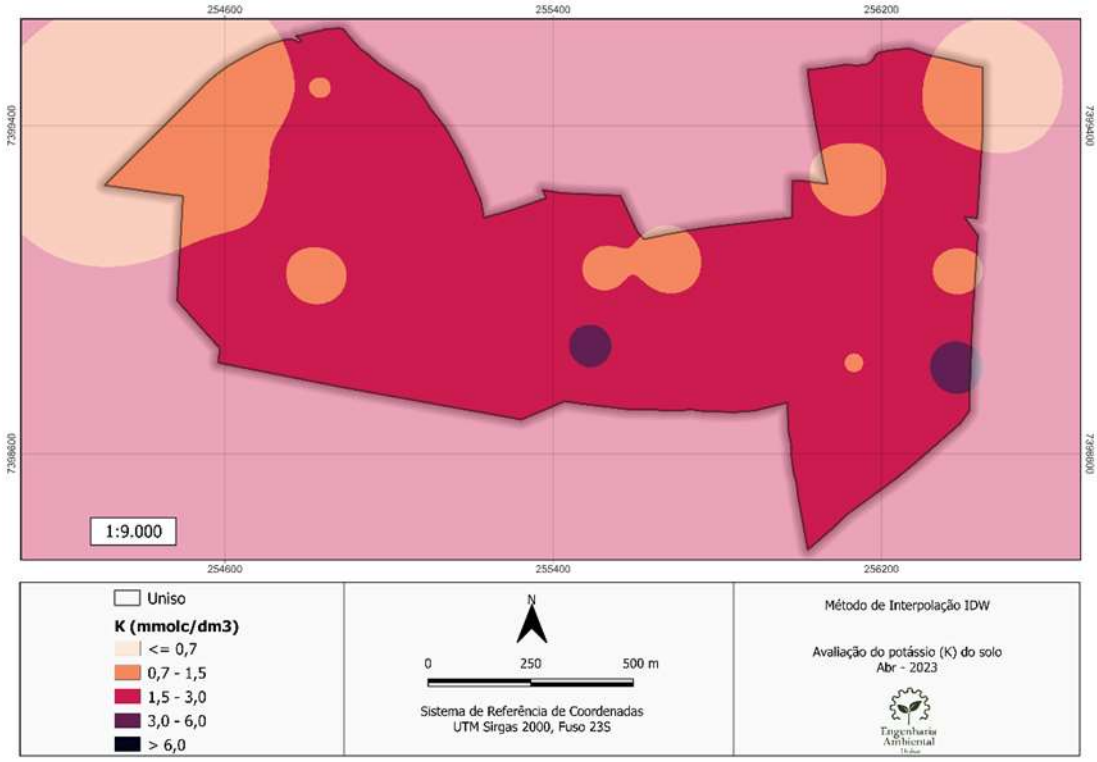
Os atributos do solo relacionados aos macronutrientes exibem variações em suas proporções no solo, influenciadas pela composição e estrutura geológica da rocha de origem, a presença de resíduos orgânicos no solo e as características climáticas e topográficas do terreno (CANAVESI; KIRCHNER, 2005).

No entanto, a disponibilidade de nutrientes no solo é imprescindível para o desenvolvimento da vegetação, desta forma, conhecer sua distribuição espacial permite uma melhor gestão da área, bem como a realização de ações pontuais para a correção dos nutrientes de acordo com as necessidades de cada uso.

Assim, com os resultados da Tabela 4, os atributos do solo foram espacializados, e são apresentados conforme as Figuras (3), (4), (5), (6) e (7), respectivamente.

Na Figura (3), é possível visualizar que o K se apresenta, predominantemente, como Moderadamente Baixo, com valores entre 1,51 e 3,0 $mmol_c.dm^{-3}$. Já nas porções à noroeste, os valores se apresentam categorizados como Baixo, assim como na porção centro-norte do campus e na porção nordeste e leste. O valor médio do pixel obtido na interpolação dos dados foi de 1,81 $mmol_c.dm^{-3}$, e o desvio padrão foi igual a 0,4.

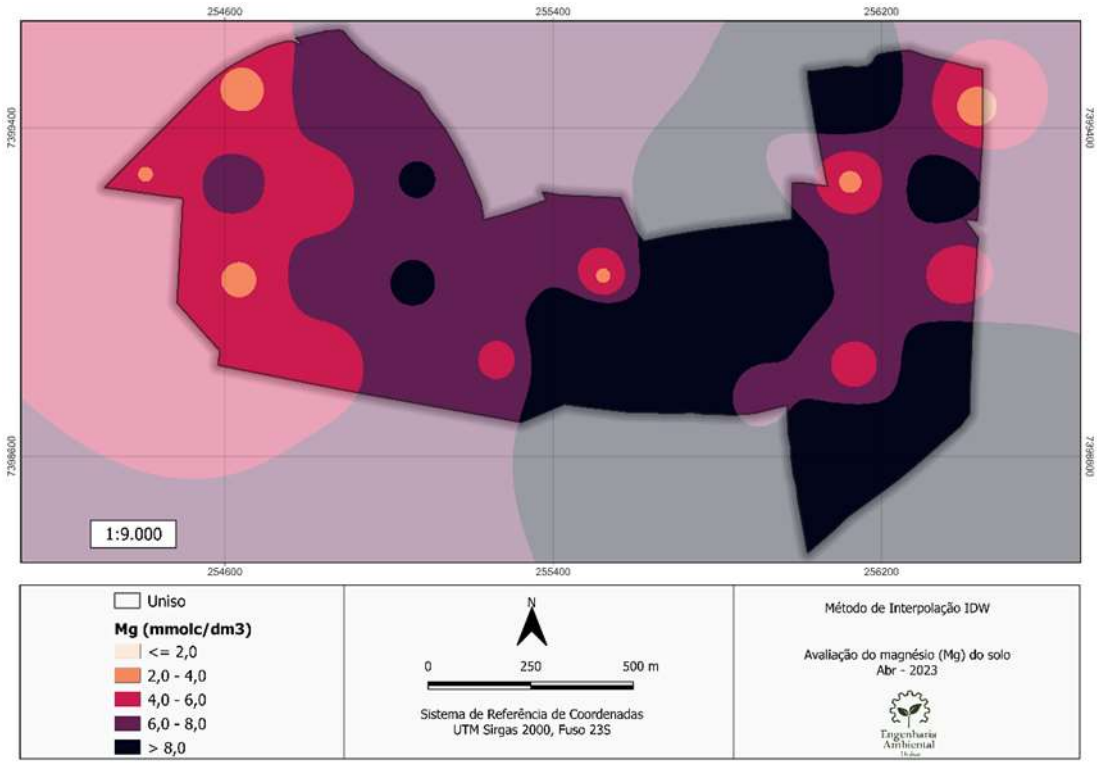
Figura 3 – Distribuição espacial do macronutriente potássio (K)



Fonte: Próprio autor (2023)

A distribuição espacial do Mg é apresentada na Figura 4, sendo possível visualizar uma heterogeneidade de classes, nas quais as porções à oeste do campus se concentram as categorias de Moderamente Baixo, com valores entre 4,1 a 6,0 $mmol_c.dm^{-3}$, onde predominam as áreas construídas do campus, seguido pela faixa com valores Moderadamente Alto (6,1 a 8,0 $mmol_c.dm^{-3}$), cujos usos da terra são mistos, compreendendo a área de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), amostrada no ponto 3 (Figura 2), além de compreender outros usos no entorno das áreas construídas. Já a porção central, no sentido a leste, estão os maiores valores encontrados (>8,0 $mmol_c.dm^{-3}$), que contemplam as áreas de pastagem e áreas com cobertura vegetal. Quanto aos valores da interpolação, o valor médio do pixel foi de 7,5 $mmol_c.dm^{-3}$, e o desvio padrão igual a 2,15.

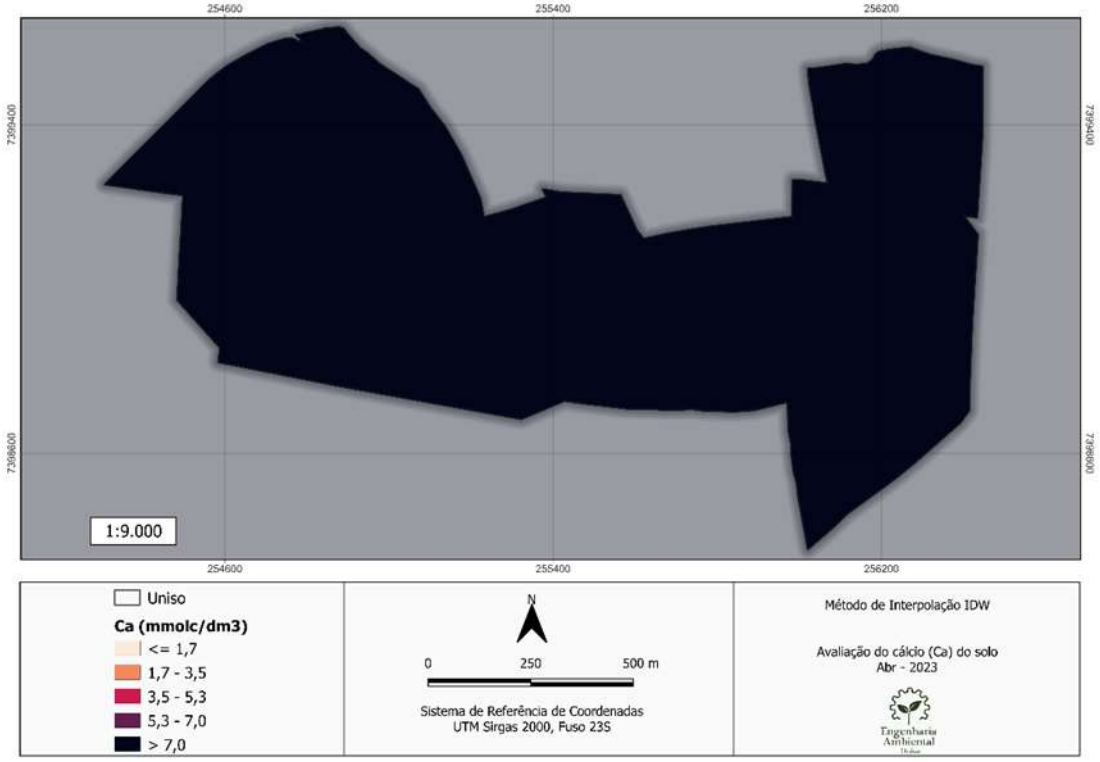
Figura 4 – Distribuição espacial do macronutriente magnésio (Mg)



Fonte: Próprio autor (2023)

A distribuição espacial do Ca é apresentada na Figura 5, sendo possível visualizar que a categoria de valores Alto foi a predominante. O valor médio da interpolação foi de 28,25 $mmol_c.dm^{-3}$, e o desvio padrão igual a 11,53.

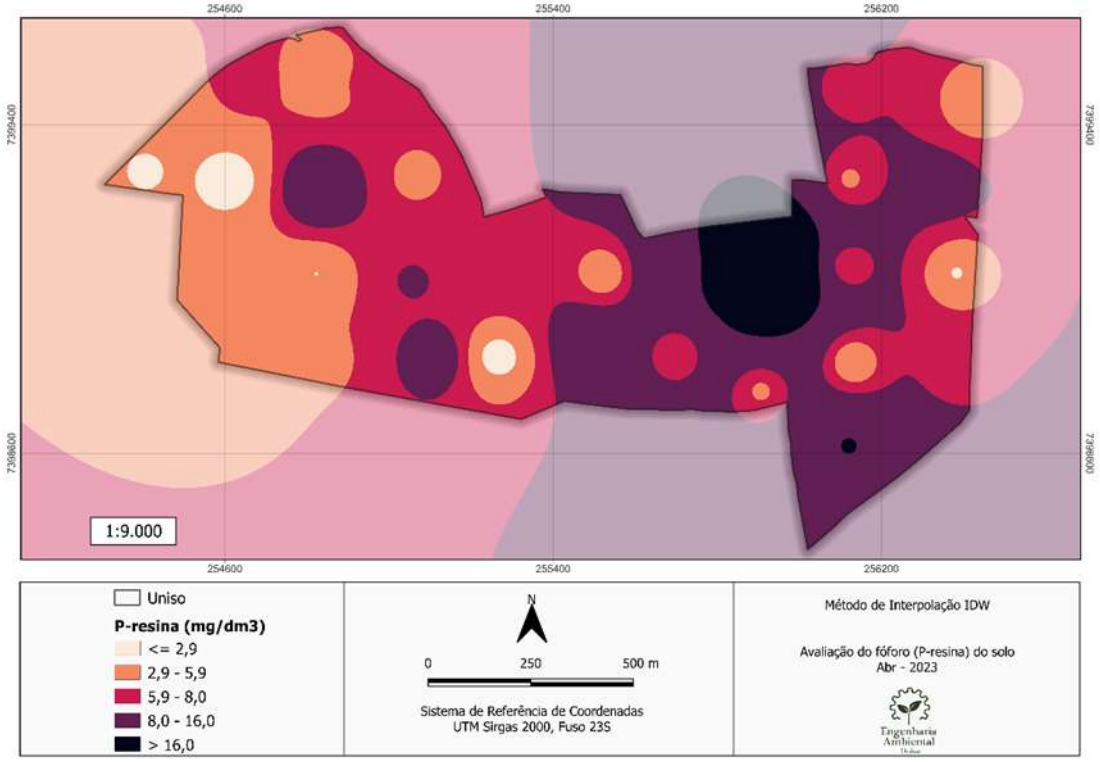
Figura 5 – Distribuição espacial do macronutriente cálcio (Ca)



Fonte: Próprio autor (2023)

O P é apresentado na Figura 6, sendo o atributo com maior variabilidade espacial, apresentando valores correspondentes a todas as categorias, como Muito Baixo em pontos isolados (representados pelo branco) e que corresponde a valores menores e iguais a 2,9 $mg.dm^{-3}$, enquanto a categoria Baixo apresentou o segundo menor valor (entre 2,91 e 5,9 $mg.dm^{-3}$), com predominância na porção oeste do campus. Já as categorias Moderadamente Baixo e Moderadamente Alto, com valores entre 5,91 e 16,0 $mg.dm^{-3}$, foram predominantes no campus, enquanto a categoria Alto obteve a menor representatividade, com valores acima de 16,0 $mg.dm^{-3}$, localizado em uma área que era utilizada para cultivo orgânico do campus (ponto 18 – Figura 2). O valor médio da interpolação do P foi de 8,67 $mg.dm^{-3}$, e o desvio padrão igual a 6,35.

Figura 6 – Distribuição espacial do macronutriente fósforo (P)



Fonte: Próprio autor (2023)

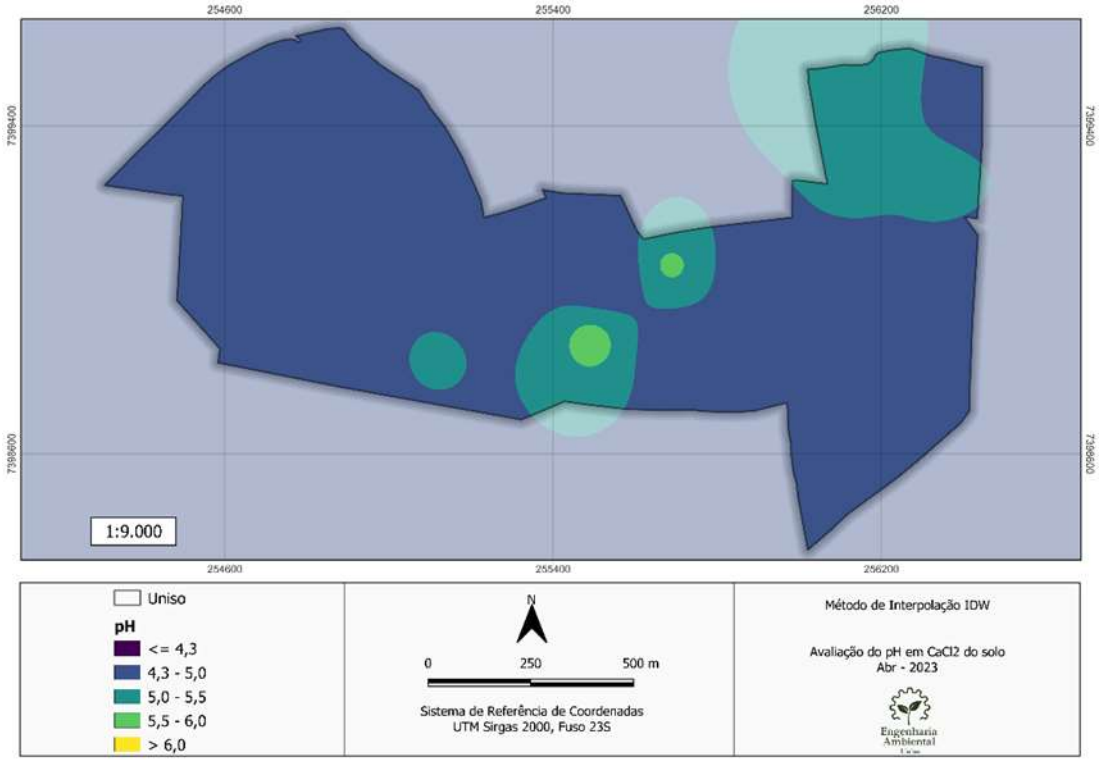
De modo geral, a interpolação dos nutrientes e sua respectiva distribuição espacial demonstram, pelas matizes de rosa, roxo e preto, os maiores valores obtidos para os macronutrientes, enquanto as matizes laranja e branco correspondem aos menores valores. Portanto, a variabilidade espacial dos nutrientes é sugestiva de que os diferentes usos da terra podem afetar a qualidade do solo e desfavorecê-lo, caso não sejam adotadas técnicas eficientes de manejo. O campus da Uniso, por possuir diversas nascentes e ser uma área importante para a produção de água do município, deve receber atenção especial quanto as ações de conservação da sua vegetação, e para que isso seja possível, os nutrientes do solo precisam ser conhecidos e manejados, pois são cruciais para a saudabilidade da vegetação.

No Apêndice A, itens A), B), C) e D), é possível visualizar a frequência de *pixels* relativos aos atributos (macronutrientes) K, Mg, Ca, e P, respectivamente.

O estudo também avaliou a distribuição espacial do pH do solo, parâmetro que determina o quão ácido ou alcalino o solo está. Este atributo foi considerado, devido à sua função imprescindível na regulação da disponibilidade e absorção de diversos macro e micronutrientes necessários para o

desenvolvimento da vegetação (MALAVOLTA *et al*., 1997 *apud* SILVA *et al*., 2021). Assim, sua variabilidade espacial é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Distribuição espacial do pH do solo



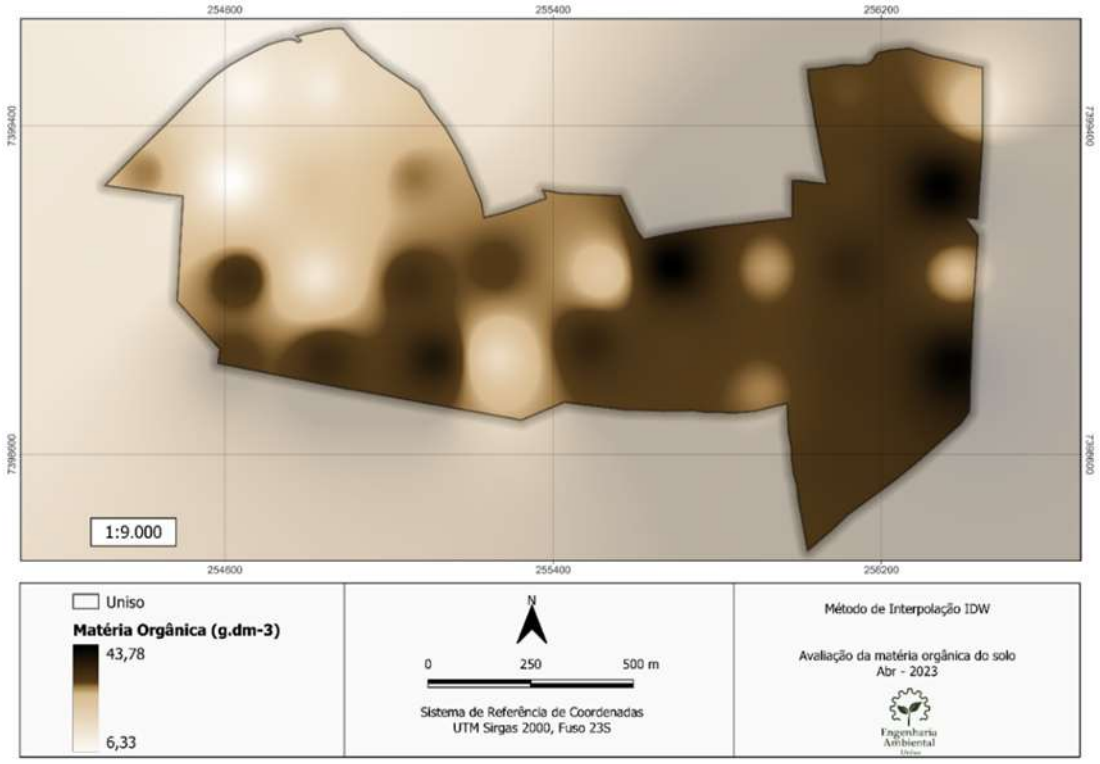
Fonte: Próprio autor (2023)

A categoria predominante do pH do solo do campus é classificada como Baixo, com valores entre 4,4 e 5,0, enquanto na porção central, são também encontradas as categorias Moderadamente Baixo (entre 5,1 e 5,5), e Moderadamente Alto (entre 5,6 e 6,0). De acordo com Malavolta (1979 *apud* SILVA *et al*., 2021), muitos dos nutrientes apresentam alta disponibilidade para absorção e menor disponibilidade de elementos tóxicos as plantas, quando o pH do solo se encontra dentro da faixa de valores entre 6,0 e 7,0. De acordo com os resultados observados, nota-se que as classes de pH obtidas são inferiores a ideal mencionada, ressaltando a importância da correção do pH para impactar positivamente a produtividade e a disponibilidade de nutrientes no solo. A distribuição de frequência dos pixels é apresentada no Apêndice A, item E). O valor médio do pixel foi de 4,8 e o desvio padrão igual a 0,21.

A presença da matéria orgânica no solo é um atributo altamente benéfico, pois contribui para a fertilidade e saudabilidade do solo, além de ajudar na mitigação das mudanças climáticas. Práticas de manejo sustentável promovem a adição de matéria orgânica ao solo e aumentam a capacidade do

solo de reter carbono e contribuem para a redução das concentrações de CO_2 na atmosfera (SILVEIRA *et al*., 2007). Desta forma, para melhor entendimento do comportamento da matéria orgânica no campus, faz-se necessário observar sua distribuição espacial, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Distribuição espacial da matéria orgânica



Fonte: Próprio autor (2023)

Com o presente mapa (Figura 8), observa-se a variabilidade espacial da matéria orgânica, que possui uma elevada amplitude, porém com valores dominantemente na faixa de 28 a 35 $g.dm^{-3}$, assim como confere no histograma referente ao mapa (Apêndice A, item F) a distribuição de frequência dos *pixels*. O valor médio do pixel foi se 29,12 $g.dm^{-3}$, com um desvio padrão igual a 6,5.

A parte noroeste da área de estudo apresenta os menores valores avaliados, bem como uma área especifica da porção central, caracterizados por solos expostos e área construída, sendo representados pelas nuances da cor bege do mapa. De acordo com Beutler *et al*. (2002) e Silveira *et al*. (2007), baixos teores de matéria orgânica impactam negativamente na retenção de água e na disponibilidade de nutrientes no solo. As regiões do mapa que têm maiores teores de matéria orgânica se explicam pela presença de cobertura vegetal.

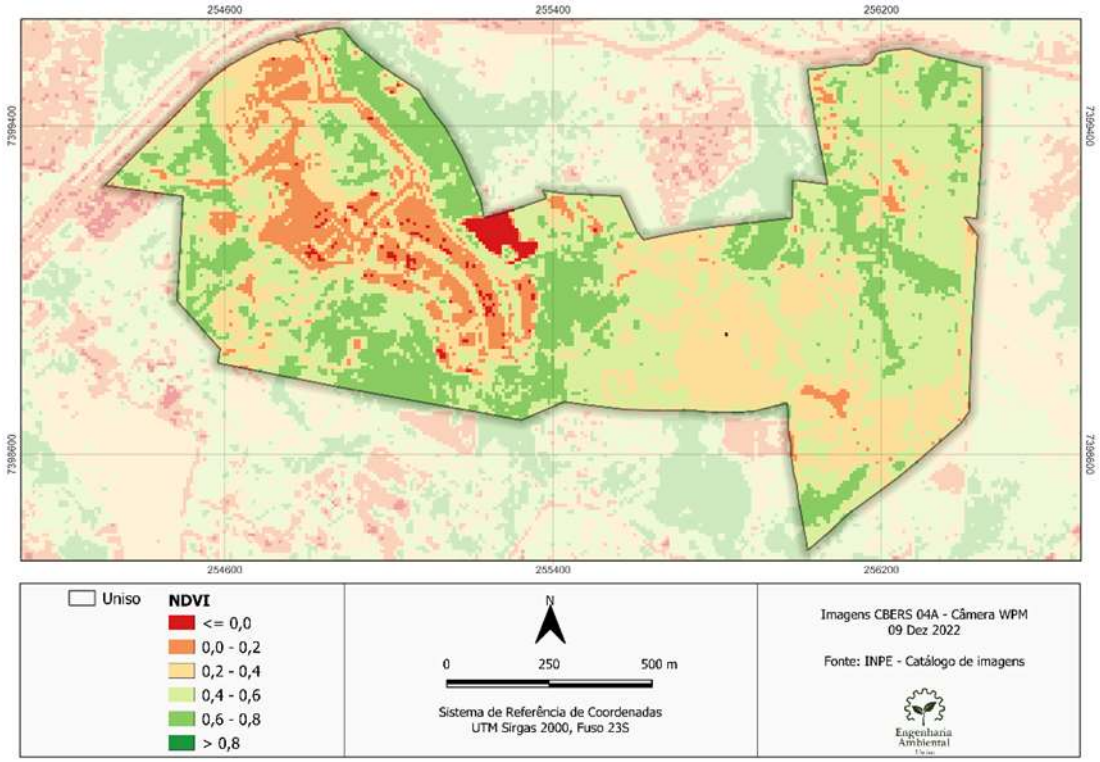
A matéria orgânica no solo também pode contribuir para o sequestro de carbono. Parte do carbono orgânico é armazenada em formas estáveis, como ácidos húmicos e fúlvicos, que podem persistir no

solo por longos períodos. Isso resulta na retenção do carbono no solo, reduzindo sua liberação como CO_2 na atmosfera (SILVEIRA *et al*., 2007).

Segundo Canavesi e Kirchner (2005), existe uma significativa correlação entres macronutrientes e a reflectância das plantas. A insuficiência mineral pode ocasionar mudanças nas concentrações de clorofila e influenciar a estrutura interna das folhas e estas alterações foliares são observadas na resposta da vegetação no espectro eletromagnético.

Com a metodologia abordada para o mapeamento de cobertura vegetal, foram utilizadas imagens orbitais que correspondem ao período chuvoso para área de estudo. Segundo Meireles (2013), os níveis de cobertura de vegetação em NDVI apresentam maiores valores em épocas de chuva, onde há maior umidade do solo, como apresentado em seu estudo realizado através da análise sazonal. A refletância das bandas do vermelho e do infravermelho próximo são relativamente menores na presença de umidade (FERREIRA; PEREIRA FILHO, 2009). Assim, a Figura 9 apresenta os resultados do comportamento espectral do NDVI.

Figura 9 – Cobertura vegetal do comportamento espectral NDVI



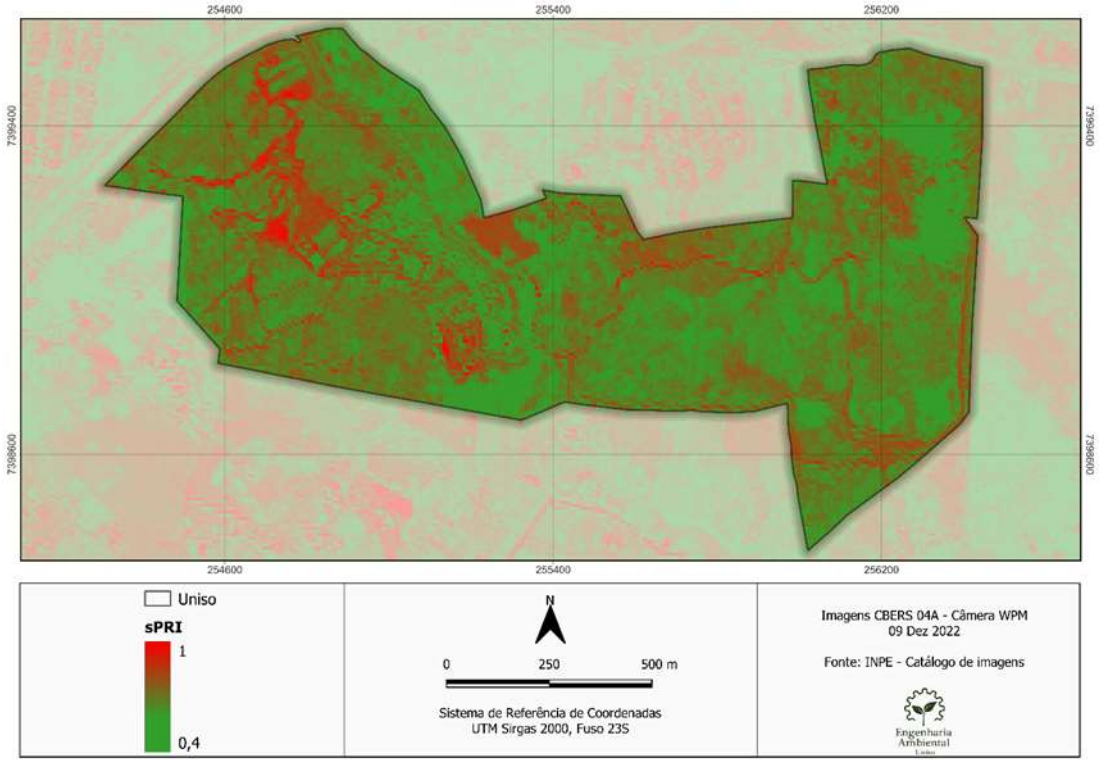
Fonte: Próprio autor (2022)

A partir da análise da imagem NDVI (Figura 9), observa-se que a matiz vermelha, ou seja, os menores valores obtidos, corresponde à lâmina d'água do lago presente no campus, assim como observado no

estudo de Fernandes e Moreira (2015), onde expõe que os menores níveis de NDVI são relativos à presença de corpos hídricos. Regiões com matizes alaranjadas e amarelas, classificadas como Muito Baixo (0,0 - 0,2) e Baixo (0,2 – 0,4), são dispostas para áreas construídas, solo exposto, as trilhas da Uniso e regiões de pastagens degradadas. As demais classificações com matizes de verde, classificadas como Moderadamente Alto (0,6 – 0,8), e que representam os maiores valores de NDVI, estão relacionadas diretamente à cobertura vegetal, expondo áreas com alta atividade vegetativa, cujas áreas são representadas pela Unidade de Conservação RPPN e área de preservação permanente (APP) do córrego afluente do rio Sorocaba. O valor médio do pixel do NDVI foi de 0,44, e um desvio padrão igual a 0,18.

Para a elaboração do mapa representativo do fluxo de carbono, elaborou-se, primeiramente, o sPRI (Figura 10) com as imagens orbitais do período chuvoso, porém a banda do azul e do verde, em sua representatividade geoespacial, são pouco afetas pela umidade no solo/vegetação (FERREIRA; PEREIRA FILHO, 2009).

Figura 10 – Taxa de CO_2 armazenada nas folhas através do índice sPRI



Fonte: Próprio autor (2022)

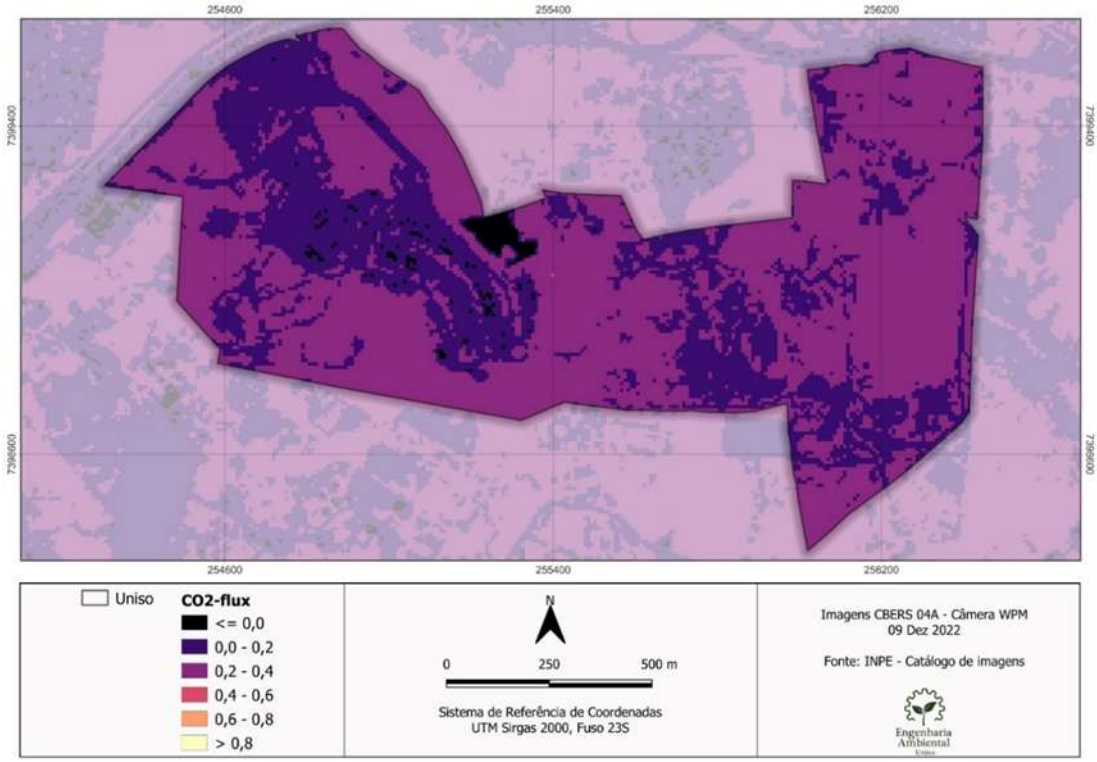
Com sua representação de valores dos dados agora positivos, tem-se a faixa da vegetação sadia variando de 0,4 a 0,6, representado pela coloração verde no mapa, conforme Figura 10. Este mapa

reproduz distintivamente as áreas de maior impacto negativo da saudabilidade da vegetação, pertencendo a áreas de trilhas, estacionamento e áreas próximas a edificações, ou seja, áreas de elevada antropização e que possuem propriedades nutricionais comprometidas nas folhas da vegetação.

A representação cartográfica por meio de mapas nos permite visualizar as partes mais afetadas da vegetação, não obstante, a distribuição de frequência do índice (Apêndice A, item H) permite trabalhar com informações de distribuição espacial dos pixels da imagem de forma conjunta.

De acordo com os índices NDVI e sPRI, foi então elaborado o mapa da distribuição espacial do fluxo de carbono (CO_2*flux*), apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Mapa de Fluxo de carbono (CO_2*flux*)



Fonte: Próprio autor (2022)

Os valores de CO_2*flux* encontram-se entre -0,18 a 0,41, no entanto, as áreas que contém espelho d'água, representada pelo lago da Uniso, assim como uma pequena porção presente nas áreas construídas, representada na matiz de preto, obtiveram valores inferiores ou iguais a zero. Já as áreas permeabilizadas e que também são áreas construídas, bem como as áreas de pastagem degradada, em sua maioria, foram categorizadas como de Muito Baixo CO_2*flux* (entre 0 e 0,2). Por fim, a classe com maior representatividade foi a de Baixo CO_2*flux* (0,2 a 0,41), correspondendo às áreas com

vegetação mais saudáveis, assim como identificado no NDVI. A distribuição de frequência dos pixels do índice CO_2 *flux* (fluxo de carbono) é apresentada no Apêndice A, item I). Ainda, sobre a estatística do índice, o valor médio de CO_2*flux* encontrado foi de 0,23, com um desvio padrão igual a 0,09.

Todavia, verificou-se que nas áreas onde são registrados os maiores valores de pH, matéria orgânica e os macronutrientes investigados possuem uma relação com o fluxo de carbono, implicando, também, em uma influência na saudabilidade da vegetação e no sequestro de carbono, onde apresenta os maiores valores de CO_2*flux*, conforme a Figura 11. No entanto, o macronutriente secundário representado pelo cálcio (Ca), como menciona Canavesi e Kirchner (2005), não apresentou tanta variabilidade e relação com o fluxo de carbono.

Em consideração à Tabela 2, nota-se que o Fluxo de Carbono (Figura 11) em conjunto com o histograma (Apêndice A, item I), destaca-se que as áreas se encontram majoritariamente com um baixo fluxo de carbono.

CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias atuais demonstra suma importância em aplicações ambientais por obter ampla variedade de informações sobre a superfície da Terra. As técnicas de SR através da composição de imagens orbitais do satélite CBERS 4A e de interpolação de dados IQD utilizadas no *software* QGIS possibilitou o estudo visual e quantitativo dos atributos químicos do solo, da cobertura e saudabilidade vegetal, bem como do fluxo de carbono de modo espacial na área de estudo.

O fluxo de carbono na Uniso apresentou resultados predominantemente baixos, sendo imprescindível medidas de melhorias que garantam o uso adequado do solo, visto que a vegetação depende intrinsicamente da conservação dos solos, que devem conter quantidades adequadas dos macronutrientes essenciais, como potássio, magnésio, cálcio e fósforo, além de apresentarem pH e matéria orgânica em níveis adequados. Portanto, a presença adequada desses atributos possibilita que o solo sequestre carbono de forma mais eficiente, contribuindo significativamente para a fertilidade e a saudabilidade do solo, da vegetação e, consequentemente, do fluxo de carbono entre essas interfaces.

A presente pesquisa contribui no âmbito do manejo de bacias hidrográficas e conservação do solo, trazendo à luz que o manejo adequado pautado em ações protecionistas é vital para a conservação do solo, da vegetação e dos recursos naturais do campus.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. P.; FERREIRA, R. A.; WATZLAWICK, L. F.; GENÚ, A. M. Análise da distribuição espacial de biomassa e carbono arbóreo acima do solo em floresta ombrófila mista Analysis of spatial distribution of biomass and carbon in trees above ground mixed ombrophilous forest. Ambiência, v. 6, n. 4, p. 103-114, 2010.

AQUINO, D. N. et al. Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region. Revista Ciência Agronômica, v. 49, p. 420-429, 2018.

BAPTISTA, G. M. M. Validação da modelagem de sequestro de carbono para ambientes tropicais de cerrado, por meio de dados aviris e hyperion. In: SBSR, 2003, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte, 2003. p. 1037-1044.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, 2002. 829-834 p.

CANAVESI, V.; KIRCHNER, F. F. Quantificaçao de macronutrientes em floresta ombrófila mista montana utilizando dados de campo e dados obtidos a partir de imagens do satélite Ikonos II. Floresta, v. 35, n. 3, 2005.

CANAVESI, V.; PONZONI, F.J.; VALERIANO, M.M. Estimativa de Volume de madeira em plantios de Eucalyptus spp. utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.539-549. 2010.

CORRÊA, C. J. P.; TONELLO, K. C.; FRANCO, F. S. Análise Hidroambiental da Microbacia do Pirajibu Mirim, Sorocaba, SP, Brasil. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 11, n. 4, p. 943-953. 2016.

FERNANDES, F. H. S.; MOREIRA, A. A. NDVI aplicado à dinâmica da paisagem do lago artificial do Bico da Pedra/MG. In: VIII Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental-SBEA, Juiz de Fora, 2015. Anais [...]. Juiz de Fora: Engenharia Ambiental e Sanitária, 2015.

FERREIRA, A. B.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação da reflectância espectral de corpos d'água em Santa Maria-RS por meio de espectrorradiometria de campo. Geoambiente On-line, n. 13, p. 01-14 pág., 2009.

GONÇALVES, T. S. A floresta estacional decidual no Brasil: distribuição geográfica e influência dos aspectos pedogeomorfológicos na vegetação. Revista Monografias Ambientais, v. 14, n. 1, p. 144-153, 2015.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.1, p.41- 59, 2000.

MEIRELES, T. A. V. Análise espectral de plantas aquáticas submersas e de áreas de uso e cobertura do solo que contribuem para essa proliferação por meio da integração de dados obtidos por sensores remotos. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MORAIS, V. A.; SANTOS, C. A.; MELLO, J. M.; DADID, H. C.; ARAÚJO, E. J. G.; SCOLFORO, J. R. S. Cerne, v. 23, n. 1, p. 43-52, 2017.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. Revista Árvore, v. 35, n. 3, 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M., 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos.

PREVEDELLO, J.; VOGELMANN, E. S.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J. A funcionalidade do sistema poroso do solo em floresta de eucalipto sob Argissolo. Scientia Forestalis, v. 41, n. 100, p. 557-566, 2013.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade em solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 2001.

RAHMAN, A. F.; GAMON, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QIU, H. Modeling CO2 flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS 61 imagery. In: AVIRIS Workshop. Proceedings. JPL/NASA, 2000, Pasadena, Califórnia. Anais [...]. Pasadena, Califórnia, 2000.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação. Edusp, 2009.

SILVA, D. C. C.; FILHO, J. L. A., OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Aplicação de Indicadores Ambientais para Análise da Água em Bacias Hidrográficas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 2, 2017.

SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A., ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Caracterização morfométrica e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: O caso da Represa Hedberg, Iperó/SP. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 36, p. 225-247, 2016.

SILVA, L. D.; LEITE, H. P. P.; BASTOS, F. G.; FREIRE, L. V.; HIGA, A. R.; VICTORIA, D. de C. Importância em se conhecer o tipo de solo e as particularidades da adubação em áreas de cerrado. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R.; VICTORIA, D. de C.; BASTOS, F. G.; LEITE, H. P. P.; FREIRE, L. V. (org.). Sistema de informações para planejamento florestal no cerrado brasileiro. Piracicaba: ESALQ/USP, 2021. v. II, cap. 3, p. 30-43.

SILVA, S. C. P.; BAPTISTA, G. M. M. Variações na Modelagem do Sequestro Florestal de Carbono por meio de Dados Hiperespectrais na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Brasil. Anais [...]. Brasil, 2013.

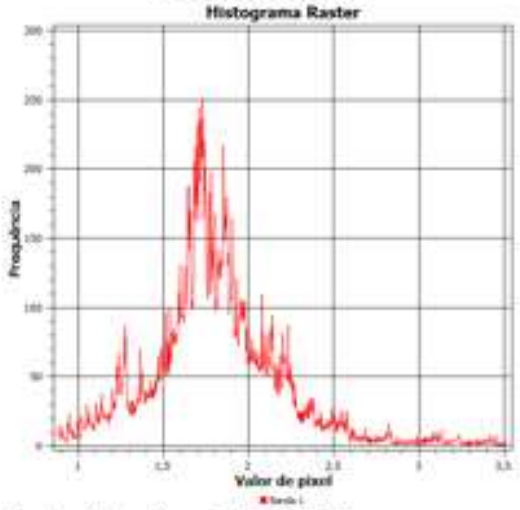
SILVEIRA, R. L. V. D. A.; CASARIN, V.; PAULA, T. D. A.; SILVEIRA, R. I. Nutrição e adubação com Boro em Eucalyptus. Piracicaba: Agroflorestal, 2007. (Boletim Técnico).

SOUZA, G. D.; LIMA, J. D. S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. Scientia Agraria, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010 .

APÊNDICE

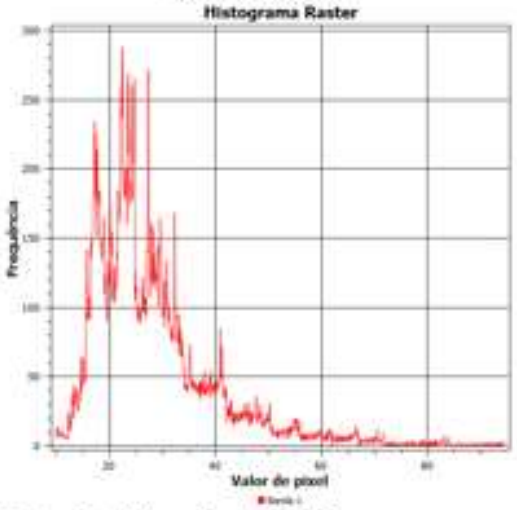
APÊNDICE A – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FREQUÊNCIA DOS ÍNDICES

A) Potássio (K)



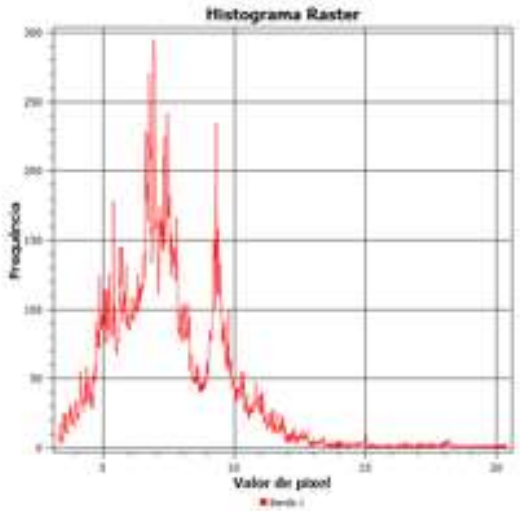
Fonte: Autoria própria (2023)

C) Cálcio (Ca)



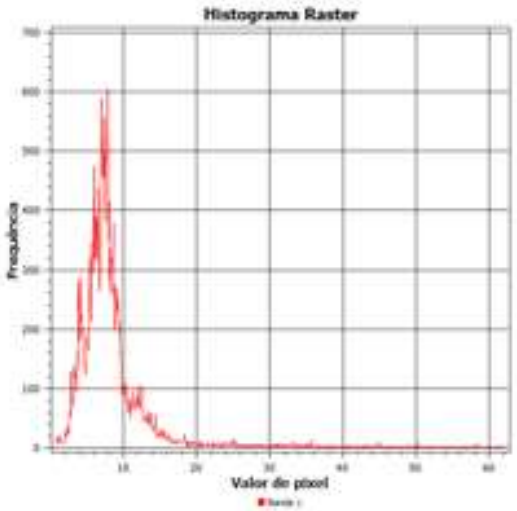
Fonte: Autoria própria (2023)

B) Magnésio (Mg)



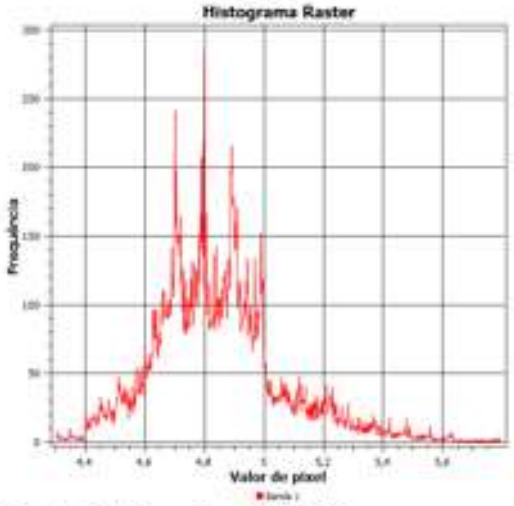
Fonte: Autoria própria (2023)

D) Fósforo (P)



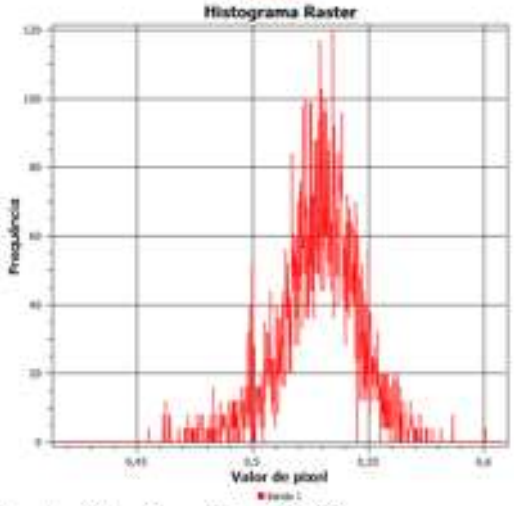
Fonte: Autoria própria (2023)

E) pH



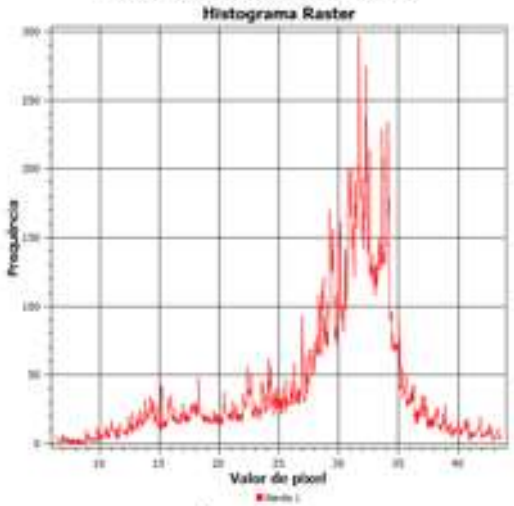
Fonte: Autoria própria (2023)

H) sPRI



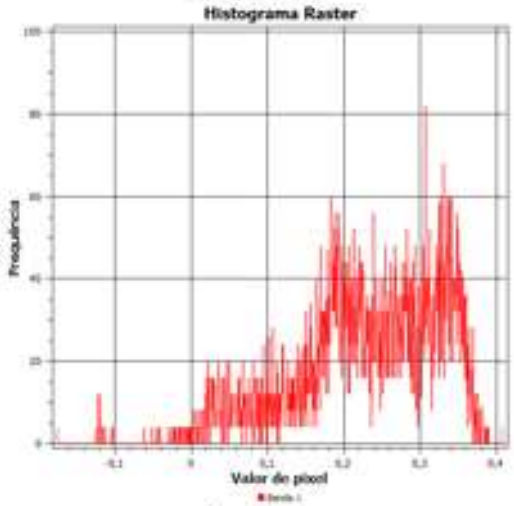
Fonte: Autoria própria (2022)

F) Matéria orgânica (MO)



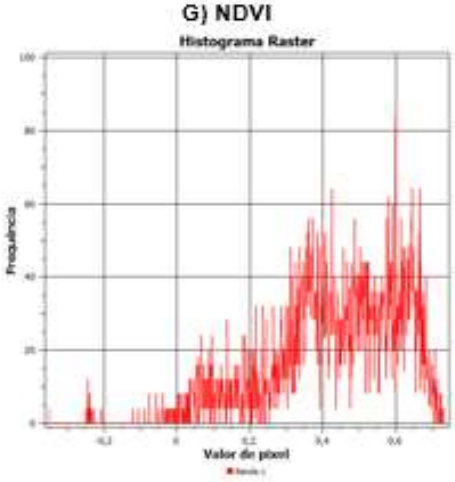
Fonte: Autoria própria (2023)

I) CO_2 *flux*



Fonte: Autoria própria (2022)

G) NDVI



Fonte: Autoria própria (2022)

Capítulo 11

10.37423/230908224

AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO)

Marlon André Capanema — *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia*

Byanca Rodrigues Dourado — *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia*

Ludmilla Neas Bitencourt — *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia*

Luanna Gonçalves de Paula — *Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO)*

Theyssa Fernanda Barbosa Borges — *Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO)*

Rosana Gonçalves Barros — *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia*

Resumo: O presente estudo teve por objetivo avaliar as emissões odorantes em termos de gás sulfídrico (H_2S) da estação de tratamento de esgoto (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto, em Goiânia (GO). A ETE realiza tratamento primário quimicamente assistido do esgoto sanitário de 88,5% da população local. As concentrações de H_2S foram analisadas em 12 pontos diferentes no interior da ETE e em 11 pontos na região circunvizinha, em um raio de 1,5 km. Ao todo, nove amostragens foram realizadas entre abril de 2017 e fevereiro de 2018. O método de amostragem consistiu na pré-concentração de H_2S em cartucho adsorvente e posterior extração e análise em laboratório por espectrofotometria. As concentrações de H_2S foram medidas em partes por bilhão (ppb). Os valores de H_2S obtidos nos 23 pontos analisados nas 09 campanhas foram todos inferiores a 2,0 ppb. O valor mínimo foi igual a 0,0006 ppb (em uma residência na região circunvizinha à ETE) enquanto que o máximo foi de 1,6 ppb (na centrífuga de lodo). Os pontos avaliados no interior da ETE que obtiveram as maiores médias de concentração foram respectivamente grade fina, decantador, centrífuga de lodo e elevatória de esgoto. A totalidade dos valores de H_2S se encontrou abaixo do limite de insalubridade do Ministério do Trabalho do Brasil. Esta avaliação de odores em termos de gás sulfídrico consiste em uma importante investigação preliminar dos odores relacionados à ETE de Goiânia, pois foi possível identificar os pontos de maior concentração de H_2S dentro dos limites da ETE. Entretanto, a diversificação da avaliação de odor com análises físico-químicas, olfatométricas e/ou senso-instrumentais é fortemente recomendada.

Palavras-chave: Odor, Gás Sulfídrico, Esgoto, Emissões.

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental causada pelas emissões de odores produzidos pelos diferentes tipos de atividades industriais e de estações de tratamento de esgotos (ETEs) consiste num relevante problema e de difícil controle. Nas últimas décadas, tais emissões se tornaram uma grande preocupação socioambiental, principalmente no que se refere às estações de tratamento de efluentes (LISBOA, 2002; SIRONI et al., 2005).

Odor é uma mistura complexa de diferentes compostos químicos de natureza orgânica e inorgânica. Identifica-se, por exemplo, compostos nitrogenados, sulfurados, oxigenados (aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos, álcoois e ésteres), aromáticos e compostos clorados (CAPELLI et al., 2008; HUDSON e AYOKO, 2008; SENANTE et al., 2003). Em relação às ETEs, o gás mais importante em termos de odor é o gás sulfídrico (H_2S), por apresentar um forte odor desagradável, característico de ovo podre. O H_2S é perceptível a concentrações a partir de 0,5 ppb a 300 ppb (ATSDR, 2006). Além disso, o H_2S pode causar problemas à saúde humana (GOSTELOW et al. 2001; KIM et al., 2005; SILVA, 2007; ZHANG et al., 2013).

A proximidade de ETEs das áreas urbanas, o lançamento de efluentes nos corpos d'água e a geração de subprodutos como o lodo são exemplos de impactos potenciais causados pelas ETEs (SILVA, 2007). Os maus odores podem provocar diversos impactos negativos sobre o ambiente e a população, a saber: alteração do comportamento fisiológico da população (dor de cabeça, náuseas, vômitos, irritação e fadiga), influência no comportamento psicológico (falta de apetite, ansiedade, distúrbios do sono, alterações de humor, incômodo para a sensação de bem-estar, diminuição da tolerância e raiva), redução da qualidade de vida e até riscos à saúde humana. Por exemplo, alguns compostos orgânicos voláteis (COV) são tóxicos e podem ser cancerígenos. Ademais, existe um medo da população sobre os efeitos desconhecidos da exposição a longo prazo às emissões odorantes (SIRONI et al., 2005; SCHEUTZ et al., 2008; USEPA, 2008).

As emissões odorantes associadas aos sistemas de tratamento de esgotos constituem um problema de gestão, de engenharia e até de saúde pública (LILIAMTIS, 2003). Além disso, poucas informações relacionadas às concentrações odorantes têm sido reportadas na literatura, notadamente nas ETEs nacionais. Assim, este estudo busca avaliar as emissões odorantes da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, localizada na cidade de Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população vizinha. Os dados obtidos nesse estudo consistem em uma importante documentação de

emissões odorantes provenientes de ETE, e podem subsidiar programas de controle e mitigação de odores pelos gestores de ETEs.

OBJETIVO

Avaliar as emissões odorantes, em termos de gás sulfídrico, na ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, localizada na cidade de Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população circunvizinha.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, localizada na cidade de Goiânia (GO) e nas suas imediações. A ETE, inaugurada no ano de 2003, trata esgoto sanitário com uma vazão média de 1700 L/s e atende 88,5% da população de Goiânia. A capacidade máxima projetada é de 2300 L/s. O tratamento é realizado por processos físico-químicos através de tratamento primário quimicamente assistido, e contempla as seguintes etapas: i) gradeamento, ii) elevatória de esgoto bruto, iii) grade fina ou peneiramento, iv) caixa de areia aerada, v) coagulação com cloreto férrico ($FeCl_3$) e polímero, vi) decantação e vii) unidade de condicionamento de lodos com centrifugação e higienização alcalina com cal.

Os odores foram avaliados em termos de concentração de H_2S, um dos principais gases mal odorantes gerados em estações de tratamento de efluentes líquidos, reconhecido pela comunidade técnica e científica (KIM et al., 2005; ZHANG et al., 2013). O H_2S é gerado por meio de processos anaeróbios de decomposição da matéria orgânica contendo, além de carbono (C), compostos de enxofre (S).

A ETE de Goiânia possui tratamento primário quimicamente assistido, o que teoricamente não emite gás sulfídrico como produto do processo por não apresentar etapas anaeróbias de tratamento. Entretanto, é necessário considerar que o H_2S pode ser gerado em algum determinado ponto na rede de esgotamento e/ou do tratamento do esgoto no interior da ETE, a saber: i) na tubulação da rede coletora que conduz o esgoto até a ETE (gerando odor já na etapa de gradeamento), ii) no processo de decantação cuja velocidade de escoamento do esgoto diminui para possibilitar a sedimentação dos sólidos (a camada de lodo no fundo do decantador gera condições anaeróbias e o H_2S pode ser emitido), e iii) no manejo do lodo. Além disso, a ETE de Goiânia recebe esgoto e lodo de caminhões limpa-fossa e lixiviados do aterro sanitário de Goiânia, cuja presença de H_2S pode ser importante, ou provocar a posterior geração de H_2S no processo de tratamento. Ademais, pode haver descarte irregular (ligação clandestina) de efluentes contendo H_2S na rede de esgotamento que são

encaminhados à ETE. Uma investigação detalhada é necessária para avaliar a presença de H_2S nos locais mencionados.

As concentrações de H_2S foram analisadas em 12 pontos diferentes no interior da ETE (P1 a P12) que são respectivamente: piscicultura (P1), grade fina ou peneira (P2), centrífuga de lodo (P3), descarte do lodo no caminhão (P4), tanque de lodo (P5), elevatória de esgoto bruto (P6), recebimento e despejo de caminhão de chorume (P7), recebimento e despejo de caminhão limpa fossa (P8), descarte e armazenagem de óleo doméstico usado (P9), decantador (P10), viveiro de plantas (P11), e portaria da ETE (P12). Na região circunvizinha à ETE foram analisados 11 pontos (P13 a P23), com um raio de influência de 1,5 km. Os locais de amostragem externos à ETE foram: duas residências (P13 e P18), padaria (P14), condomínio residencial vertical (P15), corpo de bombeiros (P17), posto de combustível (P19), unidade industrial (P20), campo de futebol society (P21), lançamento do esgoto tratado no Rio Meia Ponte (P22), ponte à montante do lançamento do esgoto tratado (P23) e ponte à jusante do lançamento (P16). Os pontos de amostragem são apresentados na Figura 1. Eles foram selecionados com base nos relatos dos gestores, operadores e técnicos da ETE, bem como em entrevistas com moradores e trabalhadores do entorno da ETE.



Figura 1: Localização dos pontos de amostragens internos e externos à ETE.

Fonte: Adaptado de Google Earth.

As campanhas de amostragem de gás sulfídrico e os respectivos pontos avaliados são apresentados na Tabela 1. Ao todo, nove amostragens foram realizadas entre abril de 2017 e fevereiro de 2018, contemplando as variações sazonais típicas da região do cerrado, a saber, a estação chuvosa (final de abril e a partir de outubro até maio) e estação seca (de maio a setembro). A primeira campanha de amostragem foi realizada somente nos pontos internos da ETE (P1 a P12), de modo a estabelecer o procedimento operacional padrão para análise laboratorial das campanhas futuras.

Tabela 1: Campanhas de amostragem de gás H_2S na ETE de Goiânia.

Campanha de amostragem	Período de amostragem		Pontos amostrados
	Início	Final	
01	05/04/17	11/04/17	P1 a P12
02	30/05/17	06/06/17	P1 a P23
03	24/07/17	31/07/17	
04	29/08/17	05/09/17	
05	28/09/17	06/10/17	
06	23/10/17	30/10/17	
07	21/11/17	04/12/17	
08	14/12/17	21/12/17	
09	02/02/18	09/02/18	

Os amostradores (Figura 2a) foram posicionados observando a direção predominante dos ventos, a segurança, o acesso aos locais de amostragem e a disponibilidade dos moradores em colaborar com o estudo, os quais assinaram um termo de consentimento.



(a) (b) (c)

Figura 2: Kit amostrador de H_2S (a), cartucho adsorvente de H_2S (b) e amostragem passiva (c).

Fontes: Radiello ® (a e b) e autores (c).

O amostrador é constituído por placa de suporte (código R1), etiqueta de identificação da amostra (código R2), corpo de difusão branco (código R3, Figura 2a) e cartucho adsorvente para H_2S (Figura

2b). Os gases foram amostrados de maneira passiva (Figura 2c) em cartuchos contendo um meio adsorvente para H_2S (Radiello®). O tempo de amostragem de uma semana foi adotado com base em Grasel (2014), que também avaliou concentrações de H_2S em uma ETE de Curitiba (PR). Os resultados obtidos com o cartucho exposto durante uma semana foram semelhantes aos obtidos com o cartucho exposto durante duas semanas. Assim adotou-se 01 semana. Após o período de exposição ao ar ambiente, os cartuchos foram recolhidos e encaminhados para o laboratório da ETE em estudo para extração e análise da concentração de H_2S seguido do tratamento dos dados.

O método laboratorial utilizado especificado pelo fabricante e descrito por Grasel (2014) foi o método azul de metileno, pelo qual os cartuchos foram submetidos a uma solução de cloreto férrico-amina (N-N – dimetil-p-fenilenodiamônio), e posteriormente foi realizada leitura por meio de espectrofotometria. Informações meteorológicas locais foram obtidas a partir da estação meteorológica da Universidade Federal de Goiás e do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de concentração de H_2S obtidos nos 23 pontos analisados e nas 09 campanhas foram todos inferiores a 2,0 ppb. O valor mínimo foi igual a 0,0006 ppb (em uma residência na região circunvizinha à ETE) enquanto que o máximo foi de 1,6 ppb (na centrífuga de lodo), ambos amostrados na campanha 02, de 30/05 a 06/06/17. As concentrações estão muito abaixo dos valores documentados em outras ETE's com processos anaeróbios. Por exemplo, concentrações de H_2S entre 2,0 ppm (= 2000 ppb) e 37 ppm (= 37000 ppb) foram medidas em unidades de pré-tratamento, e concentrações de 4,5 ppm (= 4500 ppb) foram medidas em unidade de desidratação de lodo (CHERNICHARO et al., 2010).

As concentrações médias de H_2S obtidas no interior da ETE são apresentadas no gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. O limite inferior de percepção de 0,5 ppb, documentado pela agência de saúde pública federal dos Estados Unidos (ATSDR, 2006), foi utilizado para comparação das concentrações de H_2S obtidas neste estudo. O valor de 0,5 ppb indica a concentração a partir da qual indivíduos humanos começam a identificar a presença do odor do gás sulfídrico no ambiente.

Dos 12 pontos avaliados no interior da ETE, os que obtiveram as maiores médias de H_2S foram respectivamente: grade fina (0,6256 ppb), decantador (0,5981 ppb), centrífuga de lodo (0,5527 ppb) e elevatória de esgoto (0,4832 ppb). A centrífuga de lodo e a elevatória são edificações fechadas que tendem a concentrar os gases odorantes mais do que as outras áreas da ETE. O decantador apresentou

uma concentração média relativamente elevada devido ao fato do amostrador ter sido locado há alguns centímetros da lâmina de esgoto, o que tende a receber maiores concentrações de gases emitidos do esgoto em tratamento. Além disso, o fato do esgoto se encontrar com alto teor de sólidos e matéria orgânica relativamente elevada no tanque de decantação favorecem as maiores concentrações de odor nesta unidade. A grade fina por sua vez, apesar de estar instalada em uma edificação aberta e ventilada, recebe os gases diretamente do decantador situado ao lado e do prédio do lodo, por meio da ação do vento. Os menores valores médios de concentração de H_2S foram obtidos na piscicultura (0,0106 ppb) e no viveiro de plantas (0,0153 ppb), que são pontos com maior presença de vegetação no entorno que atua como barreira física para os odores.

Segundo o Anexo XI da Norma Regulamentadora Nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2015), a concentração limite de H_2S para uma exposição de até 48 horas por semana é de 8,0 ppm (12 mg/m³ ou 8000 ppb), cujo grau de insalubridade a ser considerado é máximo. A ETE em estudo apresentou concentrações inferiores ao referido limite durante todas as amostragens e nos pontos avaliados no interior da mesma.

As concentrações médias de H_2S obtidas na região externa circunvizinha à ETE são apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. Dentre os pontos analisados, os que apresentaram maiores médias de concentração foram respectivamente: ponto de lançamento de esgoto tratado (0,0263 ppb) e ponte à jusante do lançamento (0,0239 ppb), ambos no Rio Meia Ponte. Todos os outros pontos analisados fora da ETE obtiveram valores médios menores que 0,0125 ppb, ou seja, próximos aos menores valores obtidos no interior da ETE e inferiores ao limite de percepção de 0,5 ppb.

As baixas concentrações de H_2S obtidas tanto dentro quanto fora dos limites da ETE podem ser atribuídas à inexistência de etapas anaeróbias no sistema de tratamento. Entretanto, é relevante considerar que a ETE recebe despejos de caminhões limpa-fossa e lixiviados do aterro sanitário de Goiânia. Ademais, o H_2S pode ser conduzido até a ETE pela rede de esgotamento. O presente estudo não realizou amostragens no interior da tubulação da rede.

Esta avaliação de odores em termos de gás sulfídrico consiste em uma importante investigação preliminar dos odores relacionados à ETE de Goiânia. Um estudo mais aprofundado por meio de análises físico-químicas, olfatometria dinâmica e/ou nariz eletrônico se faz necessário para avaliar a influência de outros compostos odorantes (além do H_2S) e do potencial poluidor da mistura gasosa emitida a partir da ETE. Por meio de análises físico-químicas, é possível identificar e quantificar

diferentes compostos químicos odorantes presentes na mistura gasosa. A olfatometria dinâmica, por sua vez, utiliza o nariz humano como sonda de odor, o que possibilita quantificar o odor em "unidade de odor por metro cúbico de gás" ($uo.m^{-3}$). Este tipo de análise é realizado com um painel de indivíduos humanos previamente selecionados segundo a sensibilidade olfativa, e expõe diferentes diluições do gás em análise. Como resultado, a concentração odorante é obtida em função das diluições percebidas pelo mencionado painel. Por fim, a análise senso-instrumental com a utilização de nariz eletrônico é a junção da análise físico-química e da análise olfatométrica (CAPANEMA et al., 2016).

Concomitantemente, a modelagem das concentrações de H_2S (e dos demais gases mal odorantes) pode ser feita para avaliar a dispersão da pluma de odor a partir dos pontos amostrados na ETE. Entretanto, em escala real, há diversas variáveis que estão fora do controle do sistema em análise, por exemplo, toda atividade potencialmente poluidora no entorno da ETE (indústrias, comércios, etc.), descarte inadequado de resíduos no solo e na água (rio Meia Ponte), entre outros.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo avaliou as emissões odorantes (em termos de H_2S) da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, em Goiânia (GO), bem como seu potencial poluidor sobre o ambiente e sobre a população vizinha. A partir das concentrações de H_2S obtidas, verificou-se que a ETE é uma potencial fonte de odores. Entretanto, tais odores são relativamente inferiores quando comparados às concentrações reportadas na literatura técnica. Além disso, as concentrações foram menores quando analisadas fora dos limites da ETE.

Por meio desta avaliação, foi possível identificar os pontos de maior concentração de H_2S dentro dos limites da ETE, o que pode subsidiar intervenções futuras para mitigação e/ou controle de emissões mal odorantes.

A diversificação da avaliação de odor com análises físico-químicas, olfatométricas e senso-instrumentais (nariz eletrônico), bem como a utilização da modelagem é considerada para estudo futuro, pois é essencial para aumentar o conhecimento sobre os odores em questão, analisar a pluma de emissão dos mesmos e auxiliar na avaliação final fornecendo parâmetros de dispersão das emissões odorantes, que irão subsidiar as propostas de melhoria e de gerenciamento de gases na estação de tratamento de esgotos.

REFERÊNCIAS

ATSDR (2006). Public Health Statement: Hygrogen Sulfide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: 6.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora Nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. Disponível em: http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres. Acesso em: 22 de nov. 2018.

CAPANEMA, M. A.; BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. M.; SCHIRMER, W. N. Principais metodologias de avaliação físico-química e olfatométrica de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes: uma breve revisão. XVII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA, 2016, Florianópolis. XVII SILUBESA, 2016.

CAPELLI, L.; SIRONI, S.; DEL ROSSO, R.; CÉNTOLA, P.; IL GRANDE, M. A comparative and critical evaluation of odour assessment methods on a landfill site. Atmospheric Environment, v. 42, p. 7050–7058, 2008. EN 13725, 2003. Air Quality - Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. European Committee for Standardization (CEN), Brussels (B).

CHERNICHARO, C. A. L., STUETZ, R. M., SOUZA, C. L., MELO, G. C. B. Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgoto doméstico. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, v.15, n.3, p. 229-236. 2010.

GRASEL, A. M. Determinação de sulfeto de hidrogênio nas proximidades de estações de tratamento de esgoto em Curitiba-PR, Brasil. 2014. 86f. Dissertação – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Curitiba, 2014.

GOSTELOW, P., PARSONS, S. A. & STUETZ, R. M. Odour measurements for sewage treatment works. Water Research, vol., 35, 579-597, 2001.

HUDSON, N.; AYOKO, G. A. Odour sampling 1: Physical chemistry considerations. Bioresource Technology, v.99, p.3982-3992, 2008.

KIM, K.H.; CHOI, Y.J.; JEON, E.C.; SUNWOO, Y. Characterization of malodorous sulfur compounds in landfill gas. Atmospheric Environment, v.39, n.6, p.1103–1112, 2005.

LILIAMTIS, T. B. A geração de maus odores na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. Saúde soc. vol.12 no.2 São Paulo jul/dez. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902003000200009>. Acesso em: 17 abr. 2016.

LISBOA, H. M. Metodologias para avaliação de odores em refinaria de petróleo. In: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28., 2002, México. Anais eletrônicos... Cancún: AIDIS, 2002. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/vi-003.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2016.

Radiello®. Disponível em: <http://www.radiello.it/english/h2s_en.htm>. Acesso em: 07 de jul. 2017.

SCHEUTZ, C., J. BOGNER, J. P. CHANTON, D. BLAKE, M. MORCET, C. ARAN ET P. KJELDSEN. Atmospheric emissions and attenuation of non-methane organic compounds in cover soils at a French landfill. Waste Management, v.28, n.10, p. 1892-1908, 2008.

SENANTE, E.; GALTIER, L.; BEKAERT, C.; LAMBOLEZ-MICHEL, L. Odours management at MSW landfill sites: odours sources, odourous compounds and control measures. Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy. Cagliari: CISA, 2003.

SILVA, A. B. Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados. Dissertação Mestrado, Publicação PTARH.DM-105/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 111.

SIRONI, S.; CAPELLI, L.; CÉNTOLA, P.; ROSSO, R.D.; GRANDE, M. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact. Atmospheric Enviroment, v.39, n.29, p.5387-5394, 2005.

USEPA. Frequently Asked Questions About Landfill Gas and How It Affects Public Health, Safety, and the Environment. United States Environmental Protection Agency. 2008.

ZHANG, X.L.; YAN, S.; TYAGI, R.D.; SURAMPALLI, R.Y. Odor control in lagoons. Journal of Environmental Management, v.124, p.62-71, 2013.

Capítulo 12

10.37423/230908225

CAFÉ COM BORDADO: ESTRATÉGIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PROMOÇÃO DA SAÚDE

Geize Carla Soares Marques — *Prefeitura Municipal de Patos de Minas - Vigilância em Saúde Ambiental*

Marta Luiza Dias — *Fiocruz MG*

Karine de Oliveira Gomes — *Universidade Federal de Viçosa - UFV*

Waldimir Rodrigues Viana — *Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP*

Resumo: O projeto Café com Bordado nasceu no final de 2018, como uma alternativa metodológica de participação social e educação ambiental, durante a implantação de ações de recuperação e proteção de nascentes em Pindaíbas, comunidade rural de Patos de Minas - MG. Inicialmente, era desenvolvido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), Prefeitura de Patos de Minas e Diocese de Patos de Minas, com recursos do Fundo Nacional de Solidariedade (FNS) por meio da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB). A partir de agosto de 2020, o projeto foi implantado em Rio Paranaíba e o Campus da UFV tornou- se uma instituição parceira. Antes da pandemia de COVID-19, as atividades aconteciam sempre entorno de uma grande mesa forrada com uma toalha branca, que ia sendo bordada durante os encontros. Sobre a mesa eram servidos café, suco, chá, bolos e muitas quitandas caseiras. E ao seu redor, os participantes cantavam, partilhavam o alimento e registravam, por meio do bordado, seus sonhos, memórias, experiências, alegrias, conflitos, inquietações e angústias. Contudo, em cumprimento às medidas sanitárias para a contenção da pandemia, as atividades presenciais foram suspensas e os participantes receberam um kit para bordar em casa, os quais foram confeccionados e distribuídos seguindo as normas de biossegurança para evitar a disseminação do coronavírus. A ideia central desse trabalho é incentivar o registro de memórias e a expressão de sentimentos. Defendemos a prática do bordado livre, sem regras, porque todas as manifestações artísticas são cheias de significado. Portanto, o projeto Café com Bordado é uma estratégia metodológica que busca e ousa romper com as práticas convencionais de educação ambiental, promoção da saúde e mobilização comunitária, superando as tradicionais palestras e outras práticas prioritariamente informativas.

Palavras-chave: Bordado; Educação Ambiental; Educação Popular; Participação Social; Promoção da Saúde.

INTRODUÇÃO

O Projeto Café com Bordado é uma iniciativa da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), Prefeitura de Patos de Minas e Diocese de Patos de Minas e conta com recursos do Fundo Nacional de Solidariedade (FNS) por meio da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB). O Projeto surgiu em 2018 como uma como uma estratégia de mobilização social e educação ambiental durante a implantação de ações de recuperação, preservação e proteção de nascentes de um afluente do rio São Francisco em Pindaíbas, comunidade rural de Patos de Minas no Estado de Minas Gerais.

As ações fazem parte do denominado Programa Pró-Mananciais criado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e conta com gestão compartilhada de coletivos, diversas entidades e instituições socioambientais e, principalmente, Prefeitura Municipal. O Pró-Mananciais teve início após uma crise hídrica que afetou o abastecimento de água em algumas regiões do Estado onde a Copasa presta serviço. Priorizou-se o início das ações nas localidades que tiveram seu abastecimento comprometido, dentre as quais Pindaíbas, localidade rural do município de Patos de Minas que conta com aproximadamente 1.500 habitantes. Vale dizer que entre os anos de 2015 a 2017 a comunidade foi abastecida por caminhão pipa, pois o manancial de captação chegou ao volume zero, não conseguindo suprir a demanda para os diversos usos da população.

Para a implantação, bem como para a adesão ao Pró-Mananciais, uma das etapas é a mobilização social da comunidade. Nesse contexto, o bordado surgiu como estratégia mobilizadora e como um espaço para a discussão da temática ambiental e de saneamento.

As ações desenvolvidas tiveram foco na educação para o sensível, cujo eixo metodológico e linguagem são a arte do bordado, a dialogicidade e a empatia entre participantes e o ambiente natural.

Sabe-se que a mobilização social por meio do bordado tem gerado resultados positivos em diferentes países. Para exemplificar temos os bordados das Arpilleras no Chile, que serviam de estratégia para denunciar as violações de direitos humanos durante a ditadura naquele país feito vozes que ecoaram mundo afora. Bordando as mulheres da África do Sul denunciaram as políticas segregacionistas do Apartheid. No Brasil os bordados das mulheres do Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) denunciam a violação de direitos humanos e degradação ambiental na construção de barragens. Tais experiências fundamentaram o planejamento e desenvolvimento do Café com Bordado no distrito de Pindaíbas, o qual teve adesão positiva desde o início até o final da primeira fase.

Contudo, a chegada da pandemia da Covid-19 desestruturou o modo de vida, as formas de convivência, as práticas educativas formais e informais, as estratégias de participação social e de mobilização comunitária, exigindo adaptação a uma realidade nova e desconhecida. Nesse contexto, foi alterado o formato do Projeto. Os participantes receberam os kits de bordado em casa e as rodas de conversa foram realizadas virtualmente entre maio de 2020 a abril de 2022.

E foi com essa perspectiva que surgiu a oportunidade de implantar o projeto Café com Bordado em Rio Paranaíba, Minas Gerais. O Projeto foi desenvolvido em parceria com o curso de Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, especificamente, campus de Rio Paranaíba. A coordenação local do Projeto trabalhou temáticas na área da segurança alimentar e promoção da saúde, temas essenciais à educação ambiental. Destaca-se que o Projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, sob número de parecer 4.593.583.

Considerando que a expressão artística e trabalhos manuais como o bordado, podem se constituir também numa estratégia para redução da ansiedade, para fortalecimento dos laços familiares e afetivos, as temáticas trabalhadas foram se ampliando conforme demandas dos participantes.

Atualmente o Café com Bordado é realizado presencialmente na sede municipal de Patos de Minas com coordenação e execução da Secretaria Municipal de Saúde

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Promover, por meio do bordado, a participação social e estética nas ações de educação ambiental, educação em saneamento e promoção da saúde, visando o protagonismo da comunidade no planejamento e implementação das intervenções.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver processos de mobilização social por meio do bordado e outras possibilidades estéticas visando o resgate de técnicas afetivas de convivência comunitária;
- Oferecer um espaço afetivo, estético e descontraído para a discussão e reflexão dos problemas que afetam a qualidade ambiental e as condições de saúde da comunidade participante;
- Contribuir com a possibilidade de desenvolvimento da autonomia e protagonismo na busca de alternativas para a sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida da comunidade participante;
- Buscar novas parcerias para expansão do Projeto a outros grupos e comunidades.

METODOLOGIA

O Projeto Café com Bordado é um grande Círculo de Cultura e espaço comunitário em praça pública, onde foi construído um espaço com rodas de conversas desenvolvidas ao redor de uma grande mesa.

Um Círculo de Cultura caracteriza-se como um espaço de diálogo desenvolvido com uma "roda de pessoas", onde todos são protagonistas na busca de alternativas para a solução de algum problema (BRANDÃO, 2010). O referencial teórico utilizado foi a educação ambiental popular e educação popular em saúde.

A metodologia fundamenta-se nas experiências com mobilização pelo bordado livre do grupo Matizes Dumont, no projeto de extensão "Tecendo sonhos e fiando destinos: a vivência do bordado em um grupo de gestantes e puérperas" (CIRINO, 2013).

Os Círculos de Cultura desenvolveram-se em torno de uma grande mesa coberta com tecido de algodão em que estavam dispostos novelos de linha de diversas cores, agulhas, tesouras e lápis. Este material foi utilizado para que os participantes bordassem suas percepções, memórias e as reflexões sobre os temas discutidos em cada Círculo de Cultura. Sobre a mesa foi partilhado o lanche ofertado pela comunidade, conforme figura 1.



Figura 1 - Mesa posta para confecção do bordado livre e lanche coletivo.

Cada Círculo era mediado por texto, música, jogos cênicos ou outra atividade cultural da comunidade para mobilizar a discussão sobre um tema relacionado à problemática ambiental, ao saneamento e saúde, conforme figura 2.



Figura 2 - Jogos cênicos com a presença das famílias.

O mediador era responsável por conectar o grupo ao tema do dia. Esta conexão se dava pela leitura de mundo, pela vivência, percepção, experiência direta ou indireta com o tema e a problemática por ele desencadeada.

Enquanto discutiam, bordavam suas memórias, percepções e sonhos em relação ao tema trabalhado, conforme a figura 3.



Figura 3 - Mediação por meio da música.

Destaca-se que os participantes não precisavam dominar técnicas de bordado e desenho, mas deveriam estar abertos a discutir e refletir coletivamente para deixar um alinhavo na toalha.

Antes da pandemia de Covid-19, o Café com Bordado era realizado em praça pública. A pandemia impediu a realização das atividades presenciais, mas não interrompeu as ações, uma vez que a comunidade já havia se apropriado do Projeto. Assim, orientando-se pelas recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), os encontros presenciais foram suspensos e optou-se por distribuir kits individuais para os participantes bordarem em suas casas. Cada kit continha um pedaço de tecido de algodão branco com dimensão de 35 x 35 cm, agulha, linhas de cores variadas, máscara de tecido, um texto explicativo e um caderno para estimular a escrita reflexiva sobre a experiência de participação no Projeto (Figura 4).



Figura 4 - Kit de bordado sendo entregue por Agente Combate às Endemias – ACE.

Vale ressaltar que os kits foram confeccionados e distribuídos seguindo as normas de biossegurança para evitar a disseminação do coronavírus e que todas as atividades do projeto foram realizadas de forma remota e virtual. Após a entrega dos kits, foi criado um grupo no WhatsApp para facilitar a comunicação, oferecer suporte e incentivo, esclarecer dúvidas e impulsionar a interação e a troca de saberes entre os participantes. Neste espaço também foram compartilhados vídeos tutoriais disponíveis no Youtube sobre vários tipos de pontos de bordado.

RESULTADOS OBTIDOS

Como exposto, o Projeto Café com Bordado iniciou-se em Pindaíbas como uma estratégia de mobilização e educação ambiental para implementação de ações de preservação e recuperação de nascentes, especialmente para assegurar a perenidade do manancial com todos os serviços ecossistêmicos, bem como para possibilitar o abastecimento da população.

O Projeto atualmente conta com recursos financeiros da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB) e contrapartida em serviços de outras instituições, como Prefeitura Municipal, Escolas de Educação Básica, Universidade Federal, Pastoral da Criança, Diocese de Patos de Minas, Associações Comunitárias, Coletivos e ONGs Ambientais.

No ano de 2019 na comunidade de Pindaíbas foram realizados 10 encontros, cada um deles com uma temática relacionada à preservação ambiental, preservação de nascentes e com estratégias de mediação bem diferentes do convencional - repasse de informações por meio de palestras, conforme figura 5.



Figura 5 - Estratégias de mediação diferenciadas.

Foi realizado um encontro aberto com transmissão pelo youtube (https://www.youtube.com/live/KyjxCayVveo?feature=share) e 3 encontros virtuais pelo Google Meet para socialização dos participantes e para demonstrar o passo a passo a ser seguido para criação do bordado, conforme figura 6. Em Patos de Minas forma distribuídos 160 kits e 100 kits em Rio Paranaíba. Nessa cidade, cerca de 70 pessoas participaram

ativamente do grupo de WhatsApp e bordaram de forma individual em suas casas durante o período de isolamento social, conforme figura 7.



Figura 6 – Encontro pelo *youtube*



Figura 7 - Bordados individuais

Em maio de 2022 foram retomadas as atividades presenciais do Café com Bordado em Rio Paranaíba (Figura 8) e em agosto de 2022 na Comunidade São José Operário, bairro de Patos de Minas com alta vulnerabilidade social e localizado na área de inundação do rio Paranaíba, manancial que abastece a sede urbana do município, conforme figura 9. Nesta comunidade as atividades são desenvolvidas em parceria com a Pastoral da Criança.



Figura 8 – Retomada dos encontros presenciais em Rio Paranaíba, MG.



Figura 9 – Retomada dos encontros presenciais em Patos de Minas, MG.

Desde a implantação do Projeto, ou seja, de 2019 até o momento atual, foram alcançados os seguintes resultados:

- Nos encontros presenciais foi bordada uma toalha com 8 metros de comprimento com 1 metro e meio de largura que foi exposta em eventos diversos, entre eles a VIII Congresso Brasileiro de Ciências Sociais e Humanas na Saúde – realizado em João Pessoa/PB;
- Apresentação da estratégia na Câmara Municipal de Vereadores para o Parlamento Jovem;
- Apresentação da estratégia na Pastoral da Criança e Centro de Referência em Assistencial Social para trabalhos com a temática Segurança Alimentar;
- Implementação do Projeto em mais uma cidade do Estado em parceria com o Curso de Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, conforme figura 10;
- Implantação do Projeto em formato virtual durante o período de isolamento em decorrência da pandemia de Covid-19. Foi feita a divulgação do novo formato e disponibilizado endereço para retirada dos kits pelos interessados em participar. Além disso, foram realizadas rodas de conversas e encontros virtuais como estratégia de mediação;
- No formato virtual foram bordadas 3 toalhas com enfoques diferentes;
- Exposição da toalha com o tema Covid-19 na XII Conferência Municipal de Saúde de um município do Estado, conforme figuras 11 e 12;

- Exposição da toalha com o tema Água no Dia Mundial da Árvore com a presença de ações ambientais (preservação de nascentes com o plantio de árvores nativas) promovidas por crianças em fazenda do município do Estado, conforme figura 13;
- Apresentação da toalha confeccionada em Rio Paranaíba na Exposição de Arte Popular realizada Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, conforme figura 14.



Figura 10 - Exposição da toalha bordada na cerimônia de celebração 15 anos do campus Rio Paranaíba da UFV.



Figura 11 - Toalha com o tema Covid-19 finalizada após a pandemia na comunidade Pindaíbas.



Figura 12 - Exposição da toalha bordada à distância na XII Conferência Municipal de Saúde.



Figura 13 - Prática de educação ambiental na exposição da toalha com o tema Água

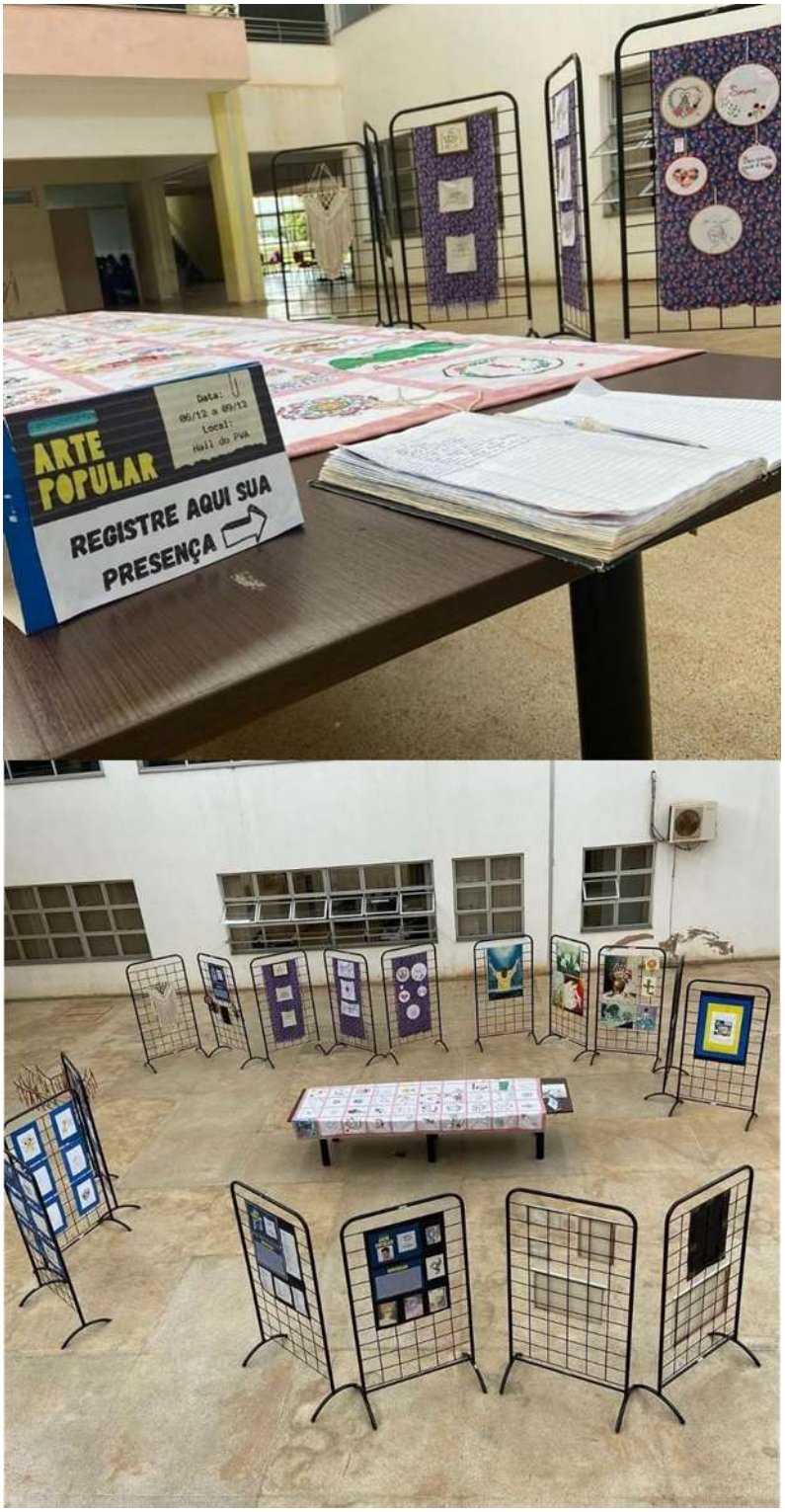


Figura 14 - Apresentação da toalha bordada em Rio Paranaíba na Exposição de Arte Popular realizada no campus Rio Paranaíba da UFV.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

No decorrer do Projeto Café com Bordado a resistência da comunidade em participar das discussões e de “dizer a sua palavra” durante os encontros foi diminuindo, assim como a ansiedade em levar um desenho pronto para bordar. Demorou um pouco a compreenderem que o bordado era livre e que deveria nascer da reflexão de cada encontro, porém, o ambiente descontraído e provocativo induziu os participantes a se engajarem mais nas discussões.

Considera-se que o engajamento dos participantes e os resultados obtidos têm relação com a metodologia e abordagem das intervenções fundamentadas na educação popular.

A mobilização, a participação social e a mediação baseadas nesta educação têm como objetivo a construção de um espaço de diálogo, de problematização e reflexão crítica inseridas na realidade das pessoas e da comunidade como um todo (FREIRE, 2020).

Para o autor, o ato de problematizar é um ato dialético, uma vez que ao sujeito que problematiza é muito difícil que não se sinta comprometido com a intervenção ou o processo do qual participa.

Desta forma, os participantes se apropriaram do espaço, realizaram encontros extras e, assim, o Projeto ficou conhecido em outras localidades, fato que levou sua expansão a outras comunidades.

Os resultados apontam para a efetividade e sustentabilidade das ações de educação ambiental e de promoção de saúde baseadas na educação popular. Evidenciam, ainda, como estas ações podem se transformar em experiências estéticas e éticas (FREIRE, 2014) marcadas pela boniteza e liberdade de cada um dizer a “sua palavra” e poder refletir sobre a palavra pronunciada.

Cabe ressaltar que os resultados também são fruto do controle da ansiedade inicial de que a peça fique pronta logo, porém, aos poucos entende-se que o trabalho é vagaroso e cuidadoso, tanto que cada bordado quase nunca era concluído no mesmo dia que iniciado e, muitas vezes, foi finalizado por mais de uma pessoa. Daí surge uma associação importante. A recuperação das nascentes de um rio ou de um manancial é trabalho lento, cuidadoso, de persistência, feito por etapas e fruto de um trabalho coletivo.

Hoje as toalhas bordadas, assim como as nascentes recuperadas e a superação dos momentos difíceis da pandemia com o bordado são motivos de orgulho para os grupos participantes.

RECOMENDAÇÕES

Com base nas experiências anteriores e atuais das coordenadoras em intervenções com educação ambiental, promoção da saúde e mobilização comunitária, recomenda-se estratégias que superem as tradicionais palestras e outras práticas prioritariamente informativas.

Estas práticas informativas, também denominada por Freire (2018) “educação bancária” trata os sujeitos da aprendizagem como receptáculos, nos quais as informações e conteúdos são depositados. Esta educação inibe a capacidade estética e de criação dos sujeitos.

É fundamental a busca de estratégias, metodologias que desenvolvam e respeitem a capacidade de reflexão, crítica, estética e de criação dos sujeitos. É necessário provocar a ousadia de criação durante as intervenções de educação ambiental, promoção da saúde e mobilização comunitária (Figura 15).

Desta forma, as intervenções têm maiores possibilidades de alcançar os resultados esperados e a perenidade das ações.

O Projeto Café com Bordado é uma estratégia metodológica que busca e ousa romper com as práticas convencionais e tem alcançado resultados positivos.

Portanto, recomenda-se a sua replicação em outros espaços e programas de educação ambiental, promoção da saúde e mobilização comunitária.



Figura 15 - Finalização de oficinas de jogos do Teatro do Oprimido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, C. R. Círculos de Cultura. In: STRECK, Danilo R.; REDIN, Euclides e ZITKOSKI, Jaime (Orgs.). Dicionário Paulo Freire. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2011. p. 69-70.

CIRINO, D.C. S. Tecendo sonhos e fiando destinos: a vivência do bordado em um grupo de gestantes e puérperas. In: VASCONCELOS, E. M.; CRUZ, P. J. S. (orgs.) Educação popular na formação universitária: reflexões com base em uma experiência. São Paulo: Hucitec; João Pessoa: Editora Universitária da UFPB; 2011. P. 314-317.

FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 66º ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2018.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2004. 148p.

FREIRE, P. Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a Pedagogia do oprimido. 27 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2020.

Capítulo 13

10.37423/230908230

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA GOOGLE FORMS COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA NAS ANÁLISES CRÍTICAS DOS KPI'S NA SANEPAR

Arlindo Sergio Gessolo Lins *SANEPAR*

Resumo: Analisar criticamente os resultados de seus principais indicadores de desempenho (KPIs) é uma etapa fundamental do ciclo PDCA para todas as organizações, ainda mais para as de grande porte onde o fluxo de informações pode se perder na complexidade das diversas gerências que as compõem. A análise crítica dos KPIs permite que as empresas de saneamento identifiquem áreas problemáticas e oportunidades de melhoria em seus processos de fornecimento de água e tratamento de esgoto. Embora a análise crítica dos KPIs seja reconhecidamente uma prática essencial, existem algumas dificuldades que podem tornar esse processo desafiador, como a falta de padronização das análises, falta de comprometimento dos gestores com a realização sistemática e mensal da prática, falta de conhecimento das causas-raiz dos problemas apontados, além da complexidade intrínseca de alguns KPIs.

Sendo assim, o presente trabalho vem propor a utilização da ferramenta Google Forms (formulários) para criar questionários de análise crítica de indicadores, coletar respostas de forma mais eficiente, analisar graficamente os resultados em apresentações visuais e por fim, gerar textos mais completos que abranjam todos os aspectos relevantes daquele indicador.

Os exemplos apresentados no artigo demonstram claramente a melhoria não só da frequência e quantidade de análises críticas, mas principalmente da qualidade das informações que devem subsidiar a Alta Direção da SANEPAR na tomada de decisões de forma assertiva e eficiente.

Palavras-chave: Indicadores de desempenho, Análise crítica, KPIs**.**

INTRODUÇÃO

A SANEPAR desempenha um papel fundamental na sociedade paranaense, garantindo o fornecimento de água potável para 345 municípios (mais Porto União em Santa Catarina) e tratando 100% do esgoto coletado, com um índice de atendimento próximo a 80%, superior à média nacional. Para que ela possa desempenhar suas funções de forma eficaz e eficiente, é fundamental a adoção de indicadores de desempenho, conhecidos como KPIs (Key Performance Indicators), que permitem a medição e o monitoramento da qualidade dos serviços prestados.

Os KPIs são métricas que permitem às empresas avaliar o desempenho de suas atividades e tomar decisões estratégicas com base em dados objetivos. Eles são usados para medir o progresso em relação a metas estabelecidas, identificar áreas de melhoria e avaliar o sucesso de iniciativas implementadas. Na empresa de saneamento, os KPIs podem incluir indicadores como a qualidade da água fornecida, a eficiência na coleta e tratamento de esgoto, o tempo de resposta a solicitações de serviço e o custo dos serviços prestados.

No entanto, a simples adoção de KPIs não é suficiente para garantir o sucesso de uma empresa de saneamento. É necessário que esses indicadores sejam analisados sistematicamente de forma crítica, de modo a identificar as áreas que precisam de melhorias e a tomar as medidas necessárias para corrigir possíveis problemas.

Uma análise crítica dos KPIs envolve a avaliação de diversos fatores, tais como a metodologia de medição utilizada, a periodicidade da coleta de dados, a precisão das informações obtidas e a comparação com as metas estabelecidas pela empresa. Além disso, é importante levar em consideração as mudanças que ocorrem no ambiente externo, tais como variações climáticas, crescimento da população e mudanças regulatórias.

A análise crítica dos KPIs também envolve a identificação das causas subjacentes dos problemas identificados. Por exemplo, se a taxa de perda de água está acima do esperado, é necessário identificar as causas desse problema, que podem incluir vazamentos na rede, falhas no processo de distribuição ou problemas na leitura dos medidores. Somente após a identificação das causas é possível tomar as medidas necessárias para corrigir o problema.

Realizar uma análise crítica dos KPIs pode trazer diversos benefícios. Alguns deles são:

1. Melhor compreensão dos resultados: Ao realizar uma análise crítica dos KPIs, é possível entender melhor os resultados obtidos e identificar os fatores que influenciam diretamente no desempenho da empresa.

2. Identificação de oportunidades de melhoria: A análise crítica dos KPIs pode ajudar a identificar oportunidades de melhoria na empresa, permitindo que sejam tomadas ações corretivas e preventivas para alcançar melhores resultados.
3. Tomada de decisões mais embasadas: Com uma análise crítica dos KPIs, os gestores têm acesso a informações mais precisas e confiáveis para tomada de decisões importantes na empresa.
4. Melhoria da performance: Ao monitorar os KPIs de forma crítica, a empresa pode ajustar suas estratégias e atividades para melhorar sua performance, aumentando sua eficiência e efetividade.
5. Alinhamento dos objetivos: A análise crítica dos KPIs ajuda a manter a empresa alinhada com seus objetivos estratégicos, garantindo que todos os esforços estejam direcionados para alcançá-los.

O problema é quando a parte humana do processo, que deveria estar focada em pensar a respeito dele, fica presa em atividades de rotina. Ao invés de analisar adequadamente os resultados, os colaboradores acabam tendo a tendência de focar no que não foi relevante ou ainda esconder as falhas operacionais a partir de justificativas genéricas. Isso acontece porque elas não dispõem de uma metodologia que as guie no que realmente deve constar na análise crítica. Como resultado, as análises não fornecem a Alta Direção feedback e subsídios para a tomada de decisões assertiva.

Neste artigo, discutiremos a importância das análises críticas dos KPIs com a proposição de uma nova ferramenta (Google Forms) na Diretoria de Operações da SANEPAR.

Análise crítica de indicadores na SANEPAR:

De acordo com a PF/NEG/0031, as gerências devem registrar no Sistema de Informações SANEPAR - SISWEB, mensalmente, a análise crítica e os planos de ação referentes para seus principais indicadores.

As Gerências Regionais e Operacionais devem avaliar os indicadores, utilizando informações do ambiente interno (novos procedimentos, diretrizes, contratos) e externo (sazonalidade, clima, cenário econômico, mudança de comportamento, legislação entre outros), constando Análise do Resultado, Plano de Ação e Tendência, visando o entendimento completo dos resultados atingidos em relação às metas.

Considerando a grande quantidade de gerências (30) na Diretoria de Operações e colaboradores envolvidos, não havia padronização e assertividade nas respostas, algumas incompletas, sem análise dos atributos do indicador, sem apontamento das causas dos desvios, sem tendência do realizado e algumas muito detalhistas, ultrapassando até o limite de caracteres do SISWEB.

A análise crítica dos indicadores de desempenho da SANEPAR está referenciada na norma ISO 9001:2015 e pelo Modelo de Excelência em Gestão do Saneamento Ambiental – MEGSA e artigos externos, exemplo o Observatório Regional Base de Indicadores de Sustentabilidade – ORBIS, ENAP.

Lista 1: indicadores de desempenho e gerências que necessitam realizar análises críticas sistemáticas:



A ferramenta Google forms:

A empresa Google com pouco mais de 20 anos de existência já é considerada a ferramenta de busca mais utilizada e poderosa do mundo. Uma empresa multinacional de serviços on-line e software dos Estados Unidos, que hospeda e desenvolve uma série de serviços e produtos baseados na Internet. Como qualquer outra tecnologia, o buscador do Google vem evoluindo e proporcionando os mais diversos serviços, fomentando milhões de negócios on-line.

A empresa foi fundada por Larry Page e Sergey em 4 setembro de 1998.

"[...] inicialmente denominada BackRub, em 1997, seus criadores decidem pelo nome Google "um jogo de palavras com o termo 'googol', termo matemático que designa um número 1 seguido de 100 zeros. Pode ser ver uma boa representação disso no rodapé das páginas de busca do Google. O marcador de páginas de resultados consiste em um 'G" com vários 'o", de modo que a busca fique organizada". (SANTOS et al., 2014).

O Google possui uma grande variedade de ferramentas, entre elas: Google buscador; Google Blog Search; Google Books; Google Custom Search; Google Shopping; Google Finance; Google Grupos; Google Imagens; Google Notícias; Google Acadêmico; Google Tradutor; Google FeedBurner; Google Apps for Business; Google Docs; Google Drive; Google Reader; Google Play; Blogger; Hangouts; Gmail; YuoTube; Google Mapas; Google Toolbar; Google Agenda etc.

DO GOOGLE DRIVE AO GOOGLE FORMS

O Google Drive é totalmente integrado ao Gmail e abriga o Google Docs e mais um leque de aplicativos gratuitos. Entre eles o Google Forms, que é um aplicativo que pode criar formulários, por meio de uma

planilha no Google Drive. Tais formulários podem ser questionários de pesquisa elaborados pelo próprio usuário, ou podem ser utilizados os formulários já existentes. É um serviço gratuito, basta apenas ter uma conta no Gmail. Dessa forma, os formulários ficam armazenados no Servidor do Google, podendo ser acessado de qualquer lugar e não ocupam espaço no computador.

Os arquivos podem ser trabalhados de forma colaborativa, desde que sejam convidados pelo autor, porém o convidado não tem acesso para apagar os arquivos compartilhados, podem apenas editá-los.

Os formulários do Google Forms têm sido amplamente utilizados para a prática acadêmica e também para a prática pedagógica.

São apontadas, então, algumas características do Google Forms: possibilidade de acesso em qualquer local e horário; agilidade na coleta de dados e análise dos resultados, pois quando respondido as respostas aparecem imediatamente; facilidade de uso entre outros benefícios. Em síntese, o Google Forms pode ser muito útil em diversas atividades acadêmicas, em especial para a coleta e análise de dados estatísticos, facilitando o processo de pesquisa.

A grande vantagem da utilização do Google Forms para a pesquisa, seja ela acadêmica ou de opinião é a praticidade no processo de coleta das informações. O autor pode enviar para os respondentes via e-mail, ou através de um link, assim todos poderão responder de qualquer lugar.

Enumera-se ainda como vantagem os resultados da pesquisa pelo Google Forms, pois estes se organizam em forma de gráficos e planilhas, proporcionando um resultado quantitativo de forma mais prática e organizada, facilitando a análise dos dados.

OBJETIVO DO TRABALHO

Analisar as vantagens da utilização da ferramenta Google forms para realizar análises críticas de indicadores selecionados (KPI) na Diretoria de Operações da SANEPAR.

METODOLOGIA UTILIZADA

Incialmente as gerências indicaram os responsáveis pela análise crítica dos KPIs. A GPLO realizou treinamentos online via Google Meet com os indicados demonstrando o funcionamento da ferramenta, discorrendo sobre cada uma das perguntas e os formatos de resposta esperados. Foram criadas salas de discussão por tópico para resolução de dúvidas que foram surgindo dos empregados e sugestões de melhoria nos questionários a partir da leitura dos textos gerados.

1. Formulários de Análise Crítica: Coletando informações com uma sequência de perguntas referentes aos atributos que compõe o indicador em questão, justificativas pré-definidas ou abertas para as causas do desvio, plano de ação para correção e tendência de resultado acumulado no ano. Adoção de múltiplas opções de resposta: como escala numérica, múltipla escolha, sim/não, perguntas abertas, entre outras. Amplo acesso a todos os empregados na intranet/Portal da Diretoria de Operações.

2. Geração do texto da Análise Crítica: Com base nas informações enviadas pelos responsáveis, é gerado automaticamente o texto padronizado da Análise Crítica;

3. Publicação da Análise crítica: Com o texto da análise crítica gerado, será então publicado no SISWeb (inicialmente de forma manual, posteriormente de forma automática) e, também, o boletim mensal com as análises de cada gerência, bem como recomendações por parte da GPLO, para retroalimentar e aumentar a consistência das análises.

Modelo seguido em todos os indicadores para formatação do questionário:

Sessão 1: Identificação do respondente: A partir da chave utilizada o Google identifica o respondente, mas é necessário que este selecione qual a gerência a que pertence pois não há interligação com o sistema de Recursos Humanos da empresa.

Sessão 2: Verificando a situação atual e comparando-a com resultados anteriores ou com o planejado: Apontar o que os resultados mostraram. Descrevendo os atributos que compõem o resultado atual do indicador que se está analisando. se o resultado foi favorável ou desfavorável, se houve melhora ou não, qual a porcentagem de melhoria. Sempre comparando o resultado atual com o resultado do mesmo período do ano anterior ou com o previsto, dependendo do indicador.

Sessão 3: Analisando as causas e/ou fatores que explicam os resultados: Terminada a segunda parte da análise, é hora de entender o que realmente causou o resultado do indicador. A preferência é por utilizar perguntas de múltipla escolha com "Caixa de seleção" para delimitar as causas possíveis e mais prováveis dos desvios. Assim, é possível quantificar as causas mais comuns e ainda assim possibilitar justificativas com causas inesperadas através da opção "Outros" e descrição no campo em aberto ao lado.

Sessão 4: Descrevendo os planos de ação para melhoria ou manutenção dos resultados do indicador

É importante enfatizar que essas ações precisam ser exequíveis e, para isso, é necessário que elas sejam descritas de forma focada e objetiva. De preferência com os prazos para a execução e se necessário quais o(s) responsável(is) para executá-las.

Sessão 5: Projeção dos resultados do indicador e atributos para o fechamento anual

Considerando o resultado acumulado até o mês de referência, a tendência observada em relação aos valores previstos e a efetividade dos planos de ação a serem implantados, a Gerência deve informar sua melhor projeção para encerramento do ano, passível de revisão conforme as condições vão se alterando.

Exemplo de form para indicador:



RESULTADOS OBTIDOS

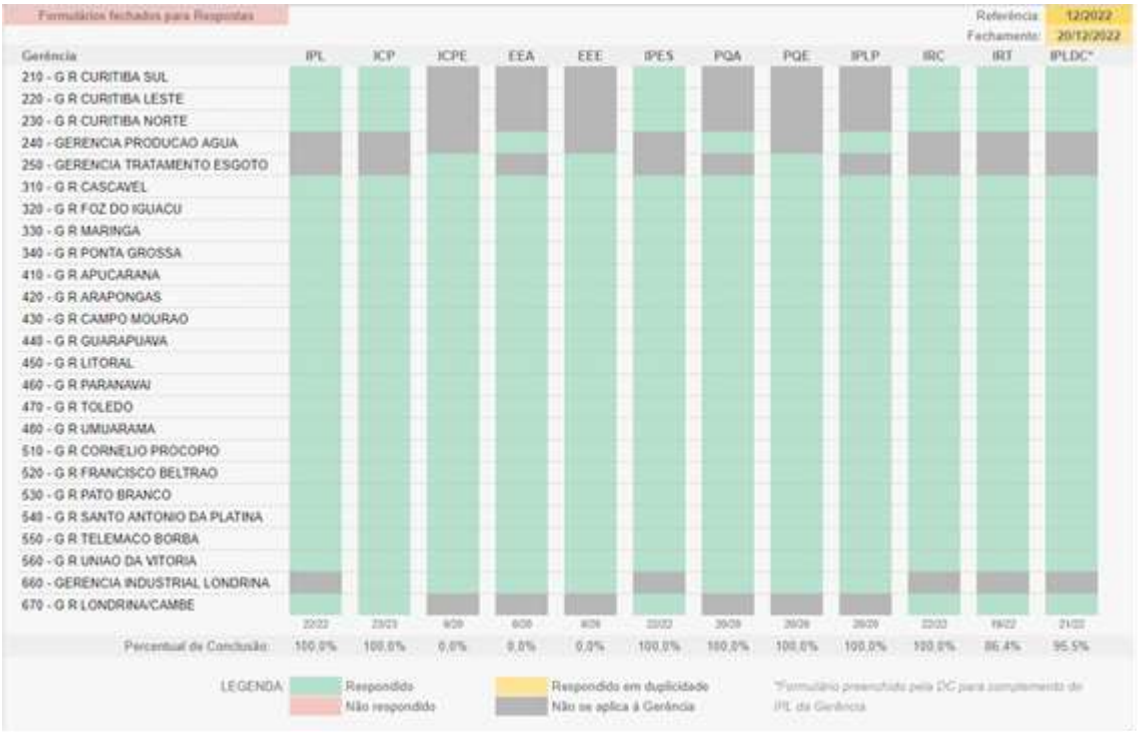
Ao utilizar o Google Forms para criar um questionário de análise crítica de indicadores de desempenho, foi possível coletar dados de forma rápida e eficiente, permitindo uma análise mais precisa e objetiva dos resultados dos KPI's da Diretoria de Operações.

Também foi constatada uma significativa melhoria da qualidade e assertividade das análises críticas que são repassadas ao Comitê de Planejamento Integrado, Reunião de Diretoria - REDIR e Conselho de Administração, possibilitando decisões estratégicas em consonâncias com a realidade das operações da empresa.

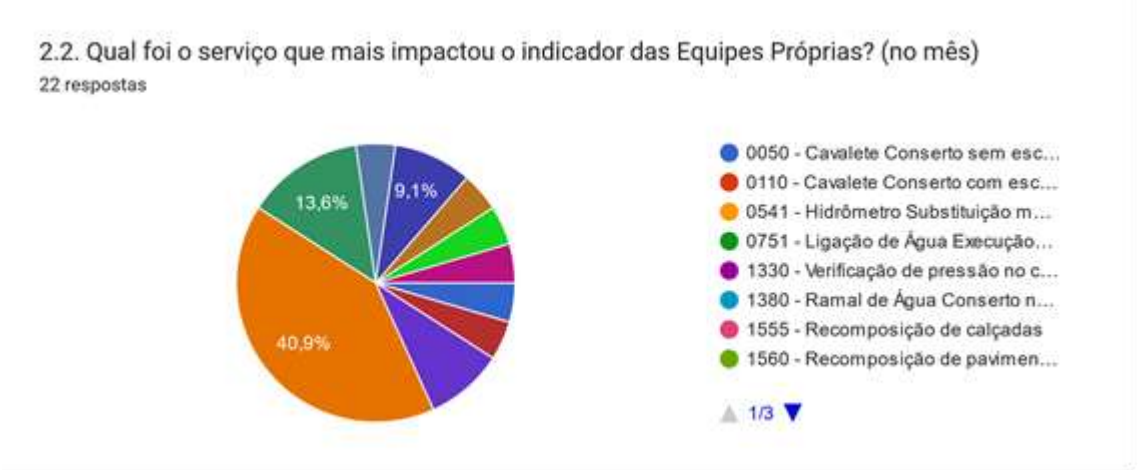
ANÁLISE DOS RESULTADOS

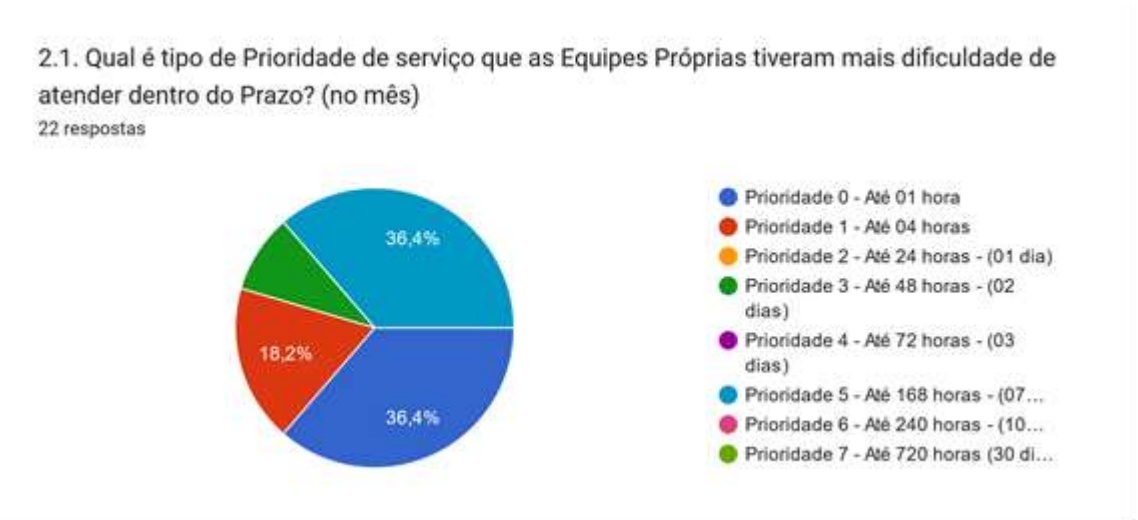
Em todos os meses posteriores a implantação dos Google forms, alcançamos sempre mais do que 90% dos questionários respondidos no prazo, com 100% em alguns meses, sendo que antes as gerências oscilavam entre 40% e 50% de análises críticas publicadas no SISWEB.

Planilha de controle das respostas dos indicadores de desempenho no Portal da Diretoria de Operações (DO):



Exemplo de controle das respostas em formato gráfico:





Exemplo de código gerador de análises para o indicador IPL – Índice de Perdas por Ligação (l/lig/dia):

SE(AI2:AI="";"DC AINDA NÃO RESPONDEU FORMULÁRIO";

"Até "&Config!B3&", o VOLUME MICROMEDIDO apresentou variação"&SE(BB2:BB>0;" favorável";" desfavorável")&" de "&TEXTO(BB2:BB;"0.00%")&" influenciado pelas seguintes causas:"

&SE(AI2:AI="Sim";CARACT(10)&AJ2:AJ&"."

&CARACT(10)&SE(AK2:AK="";"";"Sobre as causas indicadas, a Gerência informa que: "&AK2:AK)

&CARACT(10)&SE(AL2:AL="";"";"Sobre uso não autorizado, a Gerência informa que: "&AL2:AL)

&CARACT(10)&SE(AM2:AM="";"";"Os planos de ação que tiveram resultado efetivos foram: "&AM2:AM);

CARACT(10)&AN2:AN&"."

&CARACT(10)&SE(AO2:AO="";"";"Sobre as causas indicadas, a Gerência informa que: "&AO2:AO)

&CARACT(10)&SE(AP2:AP="";"";"Sobre os planos de ação para correção do desvio do VM, a Gerência informa que: "&AP2:AP)

&CARACT(10)&SE(AQ2:AQ="";"";"Sobre uso não autorizado e ações para aumento do volume recuperado, a Gerência informa que: "&AQ2:AQ))

&CARACT(10)&SE(AR2:AR="";"";CARACT(10)&"Em relação ao comportamento do consumidor, a Gerência informa que: "&AR2:AR)

&CARACT(10)&SE(AS2:AS>0;CARACT(10)&"A quantidade de HDs substituídos na faixa de troca prioritária, ao longo do mês de análise foi de "&AS2:AS&". Restaram na faixa de troca prioritária um total de "&AT2:AT&".";"Não houve troca de HDs na faixa de troca ao longo do mês de análise.")

&CARACT(10)&SE(AU2:AU="";"";CARACT(10)&"Ainda sobre o VM, a Gerência acrescenta que: "&AU2:AU)

&CARACT(10)&CARACT(10)&"O VOLUME PRODUZIDO apresentou variação de "&TEXTO(BC2:BC;"0.00%")&SE(BC2:BC<0;" favorável";" desfavorável")&", influenciado pelas seguintes causas:"

&SE(L2:L="Sim";CARACT(10)&M2:M&"."

&CARACT(10)&SE(N2:N="";"";"Sobre as causas indicadas, a Gerência informa que: "&N2:N)

&CARACT(10)&SE(O2:O="";"";"A quantidade de rede substituída foi de "&TEXTO(O2:O;"#,##0")&" metros. ")

&SE(P2:P="";"";"A quantidade de ramais substituídos foi de "&TEXTO(P2:P;"#,##0")&" metros. ")

&SE(Q2:Q="";"";"Foram percorridos "&TEXTO(Q2:Q;"#,##0")&" km em busca de vazamentos sendo que:"&SE(R2:R="";"";CARACT(10)&TEXTO(R2:R;"#,##0")&" vazamentos ocultos de rede foram encontrados;")&SE(S2:S="";"";CARACT(10)&TEXTO(S2:S;"#,##0")&" vazamentos ocultos de ramais encontrados;")&SE(T2:T="";"";CARACT(10)&TEXTO(T2:T;"#,##0")&" vazamentos visíveis foram encontrados;"))

&CARACT(10)&SE(U2:U="";"";CARACT(10)&"As seguintes ações estão sendo tomadas: "&CARACT(10)&U2:U);

CARACT(10)&V2:V&"."

&CARACT(10)&SE(W2:W="";"";"Sobre as causas indicadas, a Gerência informa que: "&W2:W)

&CARACT(10)&SE(X2:X="";"";"A quantidade de rede substituída foi de "&TEXTO(X2:X;"#,##0")&" metros. ")

&SE(Y2:Y="";"";"A quantidade de ramais substituídos foi de "&TEXTO(Y2:Y;"#,##0")&" metros. ")

&SE(Z2:Z="";"";"Foram percorridos "&TEXTO(Z2:Z;"#,##0")&" km em busca de vazamentos sendo que:"&SE(AA2:AA="";"";CARACT(10)&TEXTO(AA2:AA;"#,##0")&" vazamentos ocultos de rede foram encontrados;")&SE(AB2:AB="";"";CARACT(10)&TEXTO(AB2:AB;"#,##0")&" vazamentos ocultos de

ramais encontrados;")&SE(AC2:AC="";"";CARACT(10)&TEXTO(AC2:AC;"#,##0")&" vazamentos visíveis foram encontrados;"))

&CARACT(10)&SE(AD2:AD="";"";CARACT(10)&"As seguintes ações estão sendo tomadas: "&CARACT(10)&AD2:AD))

&CARACT(10)&SE(AE2:AE="";"";CARACT(10)&"Ainda sobre o VP, a Gerência acrescenta que: "&AE2:AE)

&CARACT(10)&CARACT(10)&"A projeção do VM da Gerência para Dezembro/"&Config!B4&" é: "&TEXTO(AV2:AV;"#,##0")&" m3"

&CARACT(10)&"A projeção do VP da Gerência para Dezembro/"&Config!B4&" é: "&TEXTO(AF2:AF;"#,##0")&" m3"

&CARACT(10)&"A projeção do IPL da Gerência para Dezembro/"&Config!B4&" é: "&TEXTO(AG2:AG;"0.00")&" l/lig/dia."

Exemplo de análise crítica do Indicador Índice de Prazo de Execução de Serviços:

Antes do form:

O que ocasionou o desvio: No acumulado do ano foram executados 21.949 e destes 475 foram fora do prazo, assim no acumulado o IPE está em 1,13%. Assim o indicador ficou abaixo da meta com desvio de 62,08%. Grande partes dos atrasos devido a falta de materiais. Tendência: Cumprimento da meta anual.

Após adoção do form:

De acordo com os dados do SGS, foram executados um total de 11.282 serviços, sendo 8.125 realizados pela contratada e 3.157 por equipe própria em fevereiro de 2023.

Destes, foram 354 serviços executados fora do prazo, sendo 5 por equipe própria e 349 por equipe terceirizada.

Os serviços que mais impactaram para o não atingimento da meta foram realizados com Equipes Terceirizada.

O tipo de Prioridade de serviço que as Equipes Próprias têm mais dificuldade de atender dentro do Prazo é: Prioridade 3 - Até 48 horas - (02 dias).

Os serviços que mais impactaram o indicador das Equipes Próprias foram: 2460 - Verificação de execução de serviços (RDA) em primeiro, 3410-Ligação de Esgoto Desobstrução com hidrojateamento em segundo e 3545-Rede de Esgoto Ampliação, levantamento em campo em terceiro lugar. As principais razões que justificam o atraso nestes serviços foram: Os atrasos no distrito da Sanepar ocorreram todos por erro no preenchimento.

Foram realizadas as seguintes ações para o atendimento dos serviços dentro do prazo: Estão previstos novos treinamentos com as equipes próprias. Nas reuniões mensais todos são cobrados quanto aos prazos e preenchimento dos serviços.

O tipo de Prioridade de serviço que as Equipes Terceirizadas têm mais dificuldade de atender dentro do Prazo é: Prioridade 4 - Até 72 horas - (03 dias). Os serviços que mais impactaram o indicador das Equipes Terceirizadas foram: 1560 - Recomposição de pavimento asfáltico em primeiro, 1555 - Recomposição de calçadas em segundo e 2110 - Mobilização e desmobilização para recomposição de pavimento em terceiro lugar. As principais razões que justificam o atraso nestes serviços foram: Nas recomposições de asfalto o atraso ocorre em razão da dificuldade em obter a massa asfáltica por parte da contratada.

O atraso nas recomposições de calçada, em fevereiro, se justifica por uma demanda de serviços acima da capacidade de execução da contratada. Uma das equipes de pavimentos entrou em férias.

Foram realizadas as seguintes ações para o atendimento dos serviços dentro do prazo: Diariamente a contratada é cobrada com relação aos prazos. Em reunião para início de contrato (previsto para abril), a terceirizada foi devidamente orientada quanto a necessidade de atender os serviços no prazo.

As localidades mais significativas para o resultado foram: São Jorge: 42,86%, 3 atrasos, 7 executados.

São Miguel do Iguaçu: 17,04%, 77 atrasos, 452 executados.

Serranópolis do Iguaçu: 9,92%, 13 atrasos, 131 executados.

Santa Terezinha de Itaipu: 8,27%, 35 atrasos, 423 executados.

São José do Itavó: 6,78%, 4 atrasos, 59 executados.

Missal: 3,49%, 6 atrasos, 172 executados.

A tendência para realizado do indicador em dezembro/2023 é 3,43.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A ferramenta Google Forms pode ser utilizada para facilitar não somente o processo de pesquisa acadêmica, como tem sido largamente adotado até agora, bem como servir de ferramenta para melhoria de processos organizacionais, buscar feedback junto ao pessoal da ponta acerca da realização das suas atividades e promover a busca da melhoria contínua nas organizações.

A partir da utilização da ferramenta pelas demais Diretorias ter-se-á um panorama mais fidedigno das vantagens e oportunidades de melhorias, evitando o viés de análise que sempre ocorre quando um único grupo de empregados é objeto do estudo.

Com base nas respostas obtidas, é preciso avaliar, em conjunto com a área gestora do indicador, ajustes nas perguntas para extrair as verdadeiras causas dos desvios, passando de questão múltipla escolha para aberta ou vice-versa e introduzindo novas questões para cobrir lacunas nas análises.

Por fim, conclui-se que os objetivos da introdução da ferramenta foram alcançados, isto é, aumentou a qualidade e assertividade das análises, que ficaram mais completas e assim úteis para embasar a tomada de decisões da Alta Direção, contribuindo significativamente para a melhoria contínua da qualidade dos serviços prestados pela SANEPAR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS – ABPMP. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio – Corpo Comum de Conhecimento. São Paulo, 2013.

2. BRITTO, Gart Capote. Medição de Valor de Processos para BPM: perspectivas, ferramentas e métodos para maximizar o verdadeiro valor dos processos. Rio de Janeiro, 2013.

3. CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

4. CASTELLS, M. A sociedade em rede - a era da informação: economia, sociedade e cultura. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

5. FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE – FNQ. Critérios de Excelência: avaliação e diagnóstico da gestão organizacional. São Paulo, 2013.

6. _____. E-book: Sistemas de Indicadores. Disponível em: <http://www.fnq.org.br/informese/publicacoes/e-books>. Acesso em: 04 de jul. de 2015.

7. _____. Indicadores de desempenho: estruturação do sistema de indicadores organizacionais. São Paulo, 2012.

8. HAMMER, Michael; HERSHMAN, Lisa. Mais rápido, barato e melhor: determine o sucesso dos negócios alinhando processos organizacionais à estratégia. Tradução de Thereza Ferreira Fonseca. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

9. HEIDEMANN, L. A.; OLIVEIRA, A. M. M. Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o Google Docs. Física na Escola, v. 111, n. 2, 2010.

10. KALINKE, M. A.; SANTOS, L. M. O uso de multiambientes em trabalhos colaborativos. Revista Tecnologias na Educação, ano 6, n. 11, dez. 2014.

11. KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. Organização orientada para a estratégia: como as empresas que adotam o balanced scorecard prosperam no novo ambiente de negócios. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

12. KENSKI, V. M. Educação e tecnologias: um novo ritmo da informação. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.

13. KLUBECK, Martin. Métricas: como melhorar os principais resultados de sua empresa. Tradução: Eduardo Kraszczuk. São Paulo: Novatec Editora; New York, EUA: Apress Inc., 2012.

14. MATHIAS, S. L.; SAKAI, C. Utilização da Ferramenta Google Forms no Processo de Avaliação Institucional: Estudo de Caso nas Faculdades Magsul. 2013. Faculdades Magsul (FAMAG). Eixo I - Criação de estratégias e metodologias para o trabalho das CPA. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/avaliacao_institucional/seminarios_regionais/trabalhos_regiao/2013/centro_oeste/eixo_1/google_forms_processo_avaliacao_instit_estudo_caso_faculdades_mag.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

15. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO (Brasil). Melhoria da gestão pública por meio da definição de um guia referencial para medição do desempenho da gestão, e controle para o gerenciamento dos indicadores de eficiência, eficácia e de resultados do programa nacional de gestão pública e desburocratização. Brasília, 2009.

16. NUTINI, Marco Antonio. Transformando o sistema de indicadores: avaliação do desempenho global sob a ótica do MEG. São Paulo: FNQ, 2015.

17. PAGLIUSO, Antônio Tadeu [et al.]. Gestão organizacional: o desafio da construção domodelo de estão. São Paulo: Saraiva, 2010.

18. PARMENTER, David. Key Performance Indicators: developing, implementing and usingwinning KPIs. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

19. SANTOS, D.S.D. Um olhar sobre o curso plano de ação em emergência em postos de serviços da Petrobras Distribuidora. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. 51p.

20. SILVA, A. R. L da; SPANHOL, F. J. Design instrucional e construção do conhecimento na ead. Jundiaí: Paco Editorial: 2014.

Capítulo 14

10.37423/230908231

ANALISE DO IMPACTO DA NOVA ESTRUTURA TARIFARIFA DA SABESP

HUGO SERGIO DE OLIVEIRA

PROJEC

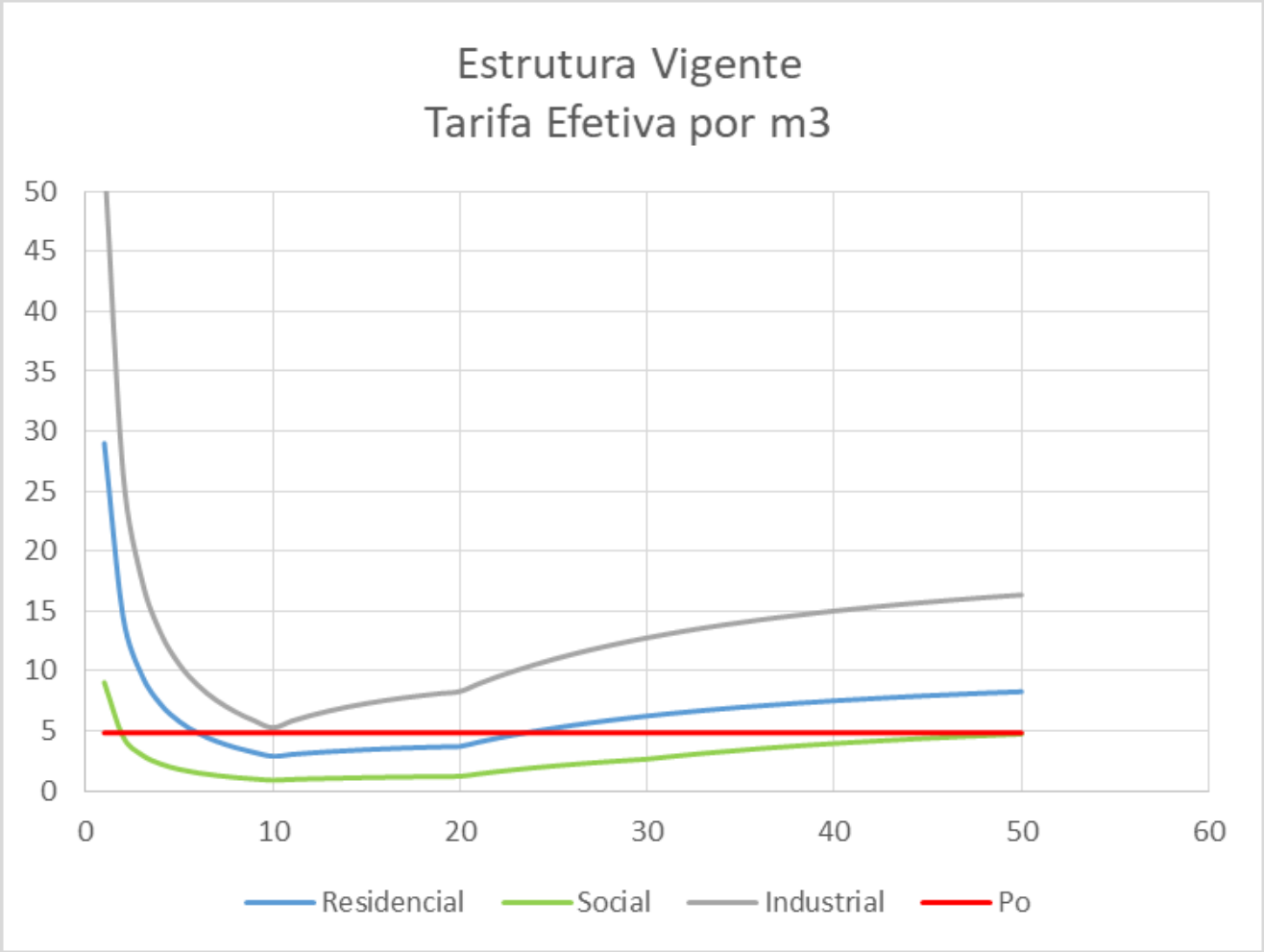
Resumo: Depois de alguns de atuação a ARSESP tomou a iniciativa de realizar uma mudança na estrutura tarifaria da SABESP. Houve um intenso trabalho de preparação a partir de 2019 com a realização de uma série de seminários culminando com uma audiência pública em 2021 onde foi finalmente apresentado a proposta de estrutura a ser implementada pela concessionaria durante o próximo ciclo tarifário. O objetivo deste artigo é analisar o impacto quantitativo da implantação desta nova estrutura devido da grande variedade de mudanças que foram introduzidas. Esta análise é importante para complementar a Analise de Impacto Regulatório (AIR) efetuada pela ARSESP que somente realizou a análise de forma qualitativa deixando de mensurar seus impactos em termos monetários a nível do consumidor que será o principal afetado pelas mudanças que serão efetuadas.

Palavras-chave: estrutura tarifaria, subsídios cruzados, tarifa social.

INTRODUÇÃO

A estrutura tarifaria vigente da SABESP tem como base uma estrutura estabelecida em 1983 por exigência do BNH visando unificar as estruturas existentes naquela época e que foram sendo construídas conforme a adesão dos municípios a SABESP na medida em que o PLANASA se consolidava. Basicamente existiam três estruturas de blocos crescentes de consumo (Região Metropolitana, Baixada Santista e Interior) com parâmetros de cobrança diferentes em termos de volume mínimo, quantidade blocos, progressividade de valores tarifários e porcentagens diferentes para a cobrança dos serviços de esgoto. A estrutura implantada em 83 continuou sendo de blocos crescentes mas unificou as estruturas em termos de volume mínimo, quantidade de bloco. Os valores tarifários foram estabelecidos considerando subsídios cruzados entre consumidores, municípios e entre serviços. Esta estrutura sofreu ao longo do tempo alterações pontuais devido as condições macroeconômicas ou mesmo de alterações no modelo de gestão da empresa. Assim sendo a crise do final dos anos 80 inicios dos anos 90 trouxe consigo a implantação da chamada tarifa social criada para não impedir o acesso e o uso dos serviços pela população de baixa renda. Em meados da década de 90 com a modificação do modelo de gestão da SABESP que passou a operar por unidades de negócio resultou na implantação de tarifas regionais correspondente a cada uma destas unidade. Todas estas alterações não tinham uma diretriz geral e como resultado a estrutura tornou-se altamente progressiva induzindo a saída da rede de consumidores principalmente os da categoria não residencial. Além disso os subsídios cruzados implícitos na estrutura resultaram numa focalização equivocada, ou seja, a estrutura vigente subsidia quem não precisa e impõe sobre preço em quem precisa de subsidio. O gráfico 1 demonstra que categoria residencial recebe subsídios para consumos entre 7 e 21 m3/mês uma vez que sua tarifa média efetiva (valor da fatura/consumo) linha azul está por debaixo linha vermelha da tarifa média autorizada pela ARSESP (Po). Estes subsídios são custeados pelas categorias não residências como se demonstra com a linha cinza de tarifa média efetiva da categoria industrial sempre acima da linha vermelha do Po.

Figura 1



O montante das transferências entre consumidores para viabilizar estes subsídios sãos consideráveis conforme se apresenta no quadro a seguir.

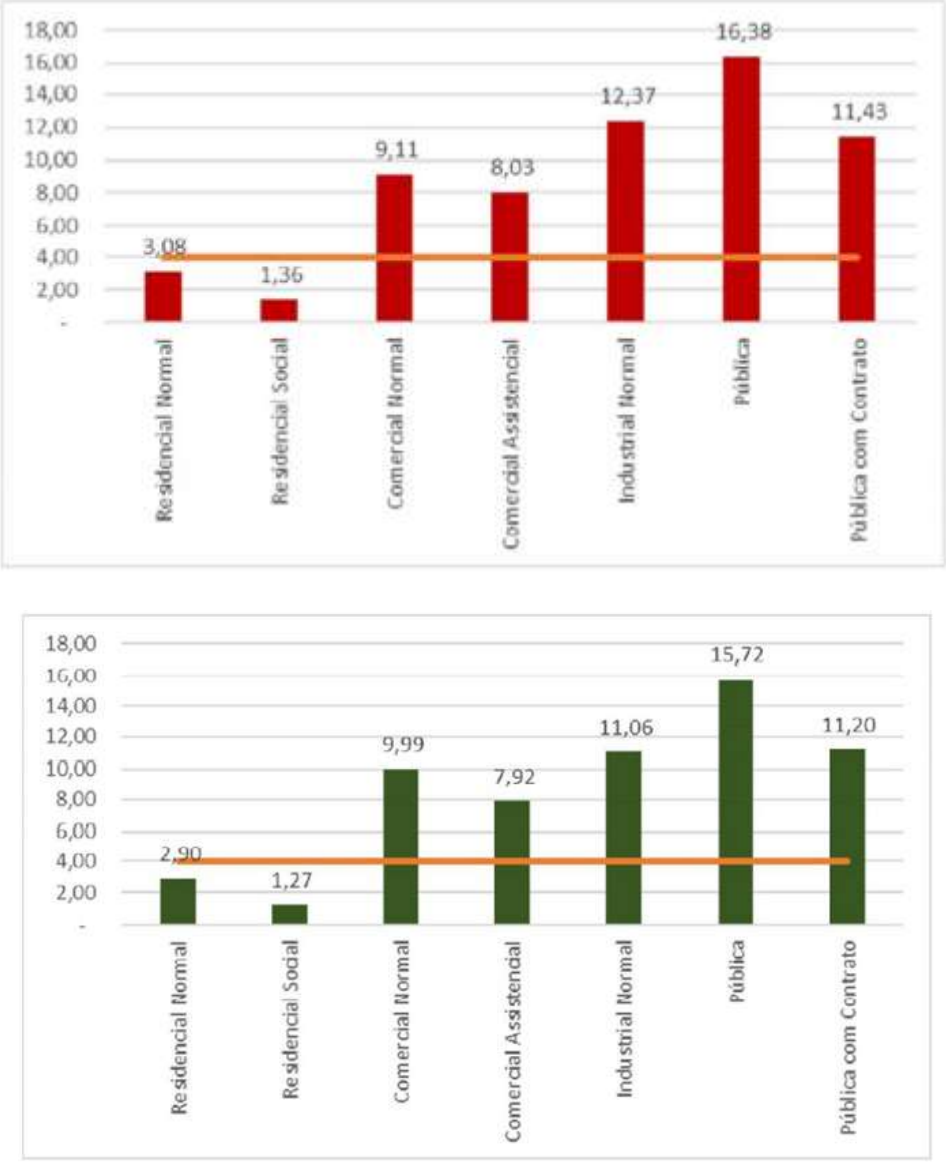
Quadro 1- Subsidios Cruzados implícitos na estrutura tarifaria vigente.

Estrutura Vigente				
Categoria	Volume (milhoes m3)	Receita (milhoes de Reais	Custo (milhoes de reais)	Superavit/Deficit (milhoes de reais)
Residencial Normal	3.552	9.269	12.225	-2.957
Residencial Social	184	177	632	-455
Comercial	384	3.443	1.322	2.120
Industrial	96	846	331	515
Publica	112	1.163	387	777
Total	4.328	14897	14897	0

Como se verifica do quadro os subsídios recebidos pelas categorias residenciais são da ordem R$ 3,5 bilhões/ano que estão sendo financiados pelos usuários da categoria comercial, industrial e publica. A

progressividade necessária para prover este subsidio é extremamente desproporcional. O quadro 2 apresentado a seguir mostra por exemplo a tarifa média da categoria industrial e publica são 5 vezes superiores as tarifas do consumidor residencial normal que pode perfeitamente pagar o custo real da prestação do serviço.

Figura 1 Comparação das tarifas medias de agua (vermelha) e esgotos (verdes) por categorias



Fonte: Nota Técnica ARSESP.

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o impacto quantitativo da implantação da nova estrutura devido da grande variedade de mudanças que foram introduzidas. Esta análise é importante para complementar a AIR efetuada pela ARSESP que somente realiza uma análise qualitativa.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia para realização do estudo consistiu das seguintes etapas

- Levantamento bibliográfico das notas técnicas, apresentações de PowerPoint e AIR da estrutura atual para identificar as bases da proposta de mudança de estrutura
- Diagnóstico da situação atual a partir de levantamento de dados e comparação do custo unitário dos serviços que está sendo pago pelos consumidores comparados com a tarifa média atual para efeito de verificar o subsidio cruzado implícito e a progressividade atual
- Comparação entre a estrutura proposta e a estrutura vigente para dimensionar o impacto dos aumentos tarifários a nível de usuário e a mudança no financiamento do subsidio cruzado implícito produzido pela nova estrutura

PROPOSTA DA NOVA ESTRUTURA

Para o desenvolvimento da proposta de uma nova estrutura são necessárias três etapas sequenciais: desenho da estrutura, cálculo da estrutura econômica e cálculo da estrutura de aplicação. Os detalhes destas etapas são descritos a seguir:

- Desenho da nova estrutura tarifária. Nesta etapa, deve se estabelecer, quais os segmentos usuários, a diferenciação de tarifas entre as regiões, serviços e usuários. Também se define o número de faixas de faturamento para cada segmento tarifário e seus limites inferiores e superiores. Por fim, também deve ser definido o formato da tarifa.
- Cálculo da estrutura tarifária econômica. A partir da estruturação anterior, a tarifa média deve ser distribuída na estrutura tarifária proposta considerando o custo da prestação do serviço de cada segmento. Esta estrutura não deve incluir subsídios cruzados explícitos.
- Cálculo da estrutura tarifária de aplicação. Nesta última etapa, o regulador determina os subsídios cruzados entre usuários, categorias e regiões, com base nas avaliações de capacidade de pagamento, competitividade e a neutralidade da estrutura tarifária. Esta é a estrutura que deverá ser aplicada aos usuários e será objeto de reajustes anuais.

Para o desenho da nova estrutura foram realizados seminários e com a consolidação das recomendações recebidas a ARSESP estabeleceu uma serie de diretrizes para a elaboração da proposta da nova estrutura a ser formulada pela concessionaria uma vez que a mesma dispõe de mais informação para realizar esta tarefa. O quadro abaixo resume a comparação entre a estrutura proposta e a estrutura vigente.

Figura 2

Comparação da Estrutura Proposta e a Vigente

	Vigente	Proposta
Regiões	06 regiões	Tabela única
Serviços	Água / Esgoto, com tarifas iguais ou 80%	Água / Coleta de Esgoto / Tratamento de Esgoto
Composição	Tarifa volumétrica com consumo mínimo	Tarifa binômia (Fixo + Variável)
Blocos	Blocos progressivos	Blocos progressivos ou regressivos

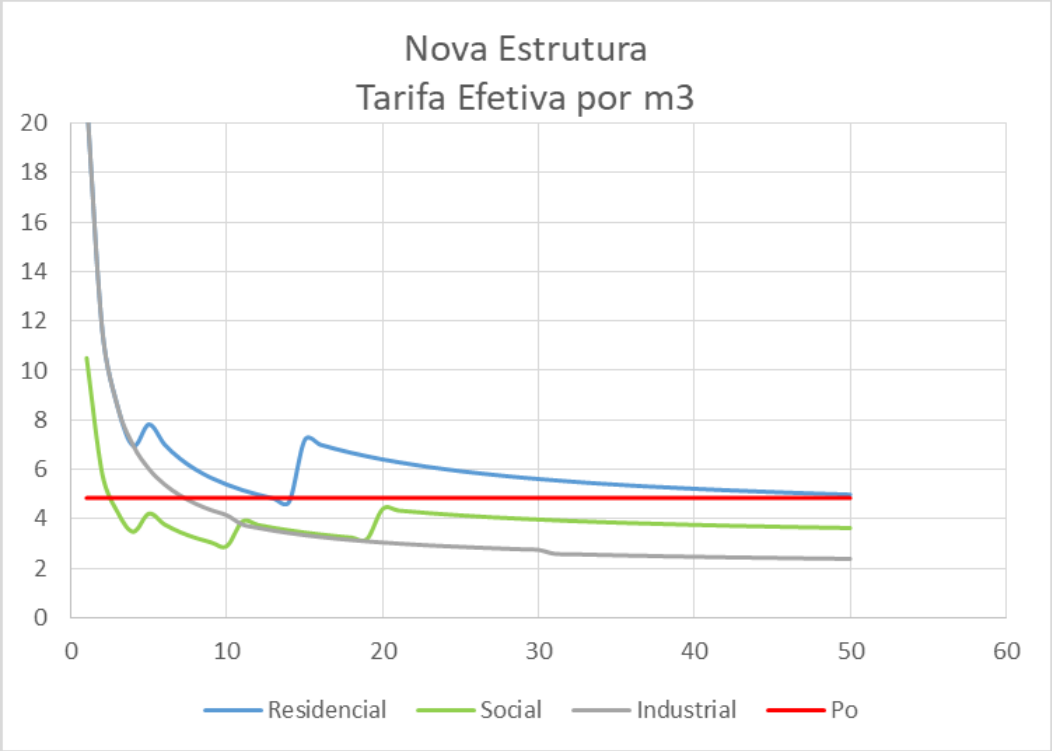
	Vigente	Proposta
Categorias	06 categorias	11 categorias
Faturamento Residencial	Economia e volume de água	Ligação e volume de água
Critério Social	Social: renda até 3 SM; habitação subnormal até 60 m²; 170 kWh/mês Favela	CadÚnico, até ½ SM
Não Residenciais	Blocos progressivos e uso de descontos para demanda firme (não regulatórios)	Indústria: blocos regressivos e adoção de Programas Comerciais

Com base nestas diretrizes a SABESP elaborou uma proposta de estrutura que foi submetida a ARSESP que procedeu sua análise por meio de uma nota técnica que foi submetida ao processo de consulta e audiência pública.

PROVAVEIS IMPACTOS DA IMPLANTAÇAO DA NOVA ESTRUTURA

Para o cálculo da tarifa econômica foram realizados rateio e alocação de custos por tipo de serviços a nível de cada categoria considerando as diretrizes recomendadas pela ARSESP. Dada estas diretrizes a estrutura econômica modificou completamente o quadro de subsidio cruzado como pode ser observado pelo gráfico 2 da tarifa efetiva resultante para as categorias residencial, social e industrial apresentado em seguida.

Gráfico 2



A implantação de uma estrutura econômica produz como resultado a retirada dos subsídios da categoria residencial como o gráfico indica a linha azul agora está sempre acima da linha vermelha do Po. Por outro lado, esta nova estrutura reduz de forma considerável o subsidio a consumidores da categorial residencial social. Porem em contrapartida cria a categoria residência vulnerável que passa ter um subsidio praticamente igual ao atualmente concedido aos usuários da categoria social. Por último devido a adoção de blocos

decrescente de consumo a categoria industrial passa a receber subsídios a partir de 8m3/mês. O quadro de financiamento do subsidio cruzado entre consumidores passa a ter a configuração apresentada no quadro a seguir.

Quadro 2 Subsidios Cruzados na Estrutura Econômica

Estrutura Economica				
Categoria	Volume (milhoes m3)	Receita (milhoes de Reais	Custo (milhoes de reais)	Superavit/Deficit (milhoes de reais)
Residencial Normal	3.062	11.820	10.485	1.335
Residencial Social	805	1.832	2.756	-924
Comercial	384	1.171	1.315	-145
Industrial	96	183	330	-146
Publica	112	265	385	-120
Total	4.459	15.271	15.271	0

O primeiro grande impacto da implantação desta estrutura seria a redução das transferências entre categorias de R$ 3,5 bilhões da estrutura vigente para cerca de R$ 1,3 bilhões na nova estrutura. O segundo fato relevante da implantação da estrutura será cadastrar cerca de um milhão de consumidores como residencial social e residencial vulnerável. Entretanto a implementação da estrutura econômica da forma com proposta pelas diretrizes fixadas pela ARSESP iria conduzir a subsídios nas categorias não residenciais totalmente financiados pelos consumidores da categoria residencial normal cujos reajustes em termos reais seriam da ordem de 40%. Este fato poderia resultar em grandes dificuldades para a implementação da nova estrutura. Assim sendo a ARSESP propôs uma estrutura tarifaria de aplicação cujas premissas procuram mitigar os principais impactos negativos da nova estrutura. A proposta consiste em que a retirada do subsidio da categoria residencial fique limitada a um reajuste de real de 17,8%. A sobre tarifa da categoria residência somente ira subsidiar o residencial social, residencial vulnerável e público assistencial. Para as demais categorias não haverá aumentos reais de tarifa. Por último a estrutura de aplicação uniformiza a estrutura tarifaria eliminando as tabelas tarifarias regionais atualmente existentes. O quadro 3 abaixo resume o impacto previsto da estrutura tarifaria de aplicação.

Quadro 3 Impacto tarifário da Estrutura de Aplicação

	Impacto médio
Residencial Individual	17,8%
Residencial Social	-16,0%
Residencial Vulnerável	nd
Residencial Coletivo	nd
Comercial	0,0%
Comercial Assistencial	-14,4%
Industrial	0,0%
Pública	0,0%
Total	2,3%

Fonte- Nota Técnica ARSESP

Considerando que o aumento tarifário em termos reais para a categoria residência ainda é relativamente elevado a agencia decidiu que a implantação da estrutura de aplicação se daria ao longo do novo ciclo tarifário, ou seja, em 4 anos. As etapas do denominado do processo de transição são apresentadas na Figura 3

Figura 3-Etapas de Transição para implantação da Nova Estrutura

	Desenho Tarifário	Residencial (escalonado por conta da perspectiva de redução da inflação)	Residencial Social	Não Residencial	Risco de Receita
2021 (Q)	Vigente	+4,7%	-3,0% + adição de domicílios do CadUNICO com até R$ 89 na categoria Res. Favela até set/21 (980 mil domicílios)	+3,5% R$ 90 MM para programas comerciais	5%
2022 (IPCA – X +- Q)	Tarifa Binômia / Água, Esgoto Coleta e Esgoto Tratamento / SABESP	+3,0%	Residencial Vulnerável: domicílios até R$ 178 Residencial Social: demais usuários sociais atuais	+0,0% R$ 90 MM para programas comerciais Criação do Comercial Coletivo	5%
2023 (IPCA – X +- Q)	Tarifa Binômia / Água, Esgoto Coleta e Esgoto Tratamento / SABESP	+4,0%	Residencial Vulnerável: domicílios até R$ 178 Residencial Social: domicílios até ½ SM	+0,0% R$ 120 MM para programas comerciais	7,5%
2024 (IPCA – X +- Q)	Tarifa Binômia / Água, Esgoto Coleta e Esgoto Tratamento / SABESP	+5,0%	Residencial Vulnerável: domicílios até R$ 178 Residencial Social: domicílios até ½ SM	+0,0% R$ 120 MM para programas comerciais	10%

Fonte: Nota Técnica ARSESP.

Observa-se o escalonamento dos 17,8% de aumento real da categoria residencial enquanto que para as categorias não residenciais ocorre um aumento de 3,5% em 2021 não havendo mais aumentos reais nos demais anos do ciclo tarifário. A manutenção das tarifas residenciais em termos reais constantes minimiza o risco de perda de receita. Entretanto para incentivar a competitividade da SABESP neste segmento a ARSESP propõe que os segmentos não residenciais sejam objeto de Programas Comerciais. Tal mecanismo é usual no setor de gás canalizado, também regulado pela agencia. O objetivo é que a Sabesp, por iniciativa própria, por solicitação de grupos de usuários ou por solicitação do formulador de políticas públicas ou pela própria Arsesp, desenvolva propostas de atuação focalizada, em segmentos específicos, nos quais a aplicação de movimentos tarifários resulte em ganho de competitividade dos serviços prestados pela empresa. A agencia reconhece descontos ou movimentos similares como parte da receita regulatória, desde que tal movimento resulte em potencial ganho de mercado – cujo ônus de demonstração será da própria Sabesp.

Devido ao risco de receita a ARSESP criou um mecanismo de bandas que admitem variações positivas ou negativas que vão progressivamente de 5 a 10% durante o clico tarifário. Quando a perda ou ganho de receita ultrapassar os limites desta banda será realizada uma revisão das tarifas o que pode conduzir a revisões anuais.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A partir da análise realizada se pode concluir que:

- A concepção do desenho da nova estrutura econômica está apontando na direção correta embora contenha contradições tais como a adoção de blocos crescentes com o objetivo de racionalidade de consumo versus blocos decrescentes para aumentar a competitividade).
- A focalização dos subsídios com a definição de critérios de enquadramento mais realistas para as categorias social e vulnerável vai beneficiar cerca de um milhão de consumidores dos estratos mais pobres da população.
- As tarifas de aplicação penalizam de forma acentuada os consumidores residenciais podendo inviabilizar a implantação completa da estrutura.
- Não há clareza sobre os impactos sobre as tarifas regionais devido a substituição das tabelas regionais pela tabela única

Por último seria recomendável que fosse efetuada ao final do primeiro ano de implantação da estrutura de aplicação uma AIR que verificasse de forma quantitativa os impactos provocados pela nova estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ARSESP. *Proposta de Revisão da Estrutura Tarifaria da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP; NT.F-0006-2021*

2. ARSESP - *Proposta de Cálculo da Tarifa Média Máxima (Po) e Fator X da 3a Revisão Tarifaria Ordinária da SABESP; NT.F-0005-2021*

3. ARSESP *Apresentação PowerPoint da ARSESP na audiência pública da nova estrutura tarifaria da SABESP* http://www.arsesp.sp.gov.br/BancoDadosAudienciasPublicasArquivos/AP022021-ARSESP.pdf; acessado em 14/05/2021

4. SABESP Apresentação PowerPoint da SABESP na audiência publcia da nova estrutura proposta pela ARSEP, http://www.arsesp.sp.gov.br/BancoDadosAudienciasPublicasArquivos/AP022021-Sabesp.pdf. Acessado em 14/05/21

Capítulo 15

10.37423/230908241

REGULAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO: O ESTADO DA ARTE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA

MARIA REGIANE ARAUJO CAVALCANTE — *UNIVERSIDADE FEDERAL DO CERÁ*

MEIRILANE DO NASCIMENTO — *UNIVERSIDADE FEDERAL DO CERÁ*



Resumo: A regulação trata de regras e padrões de contratos necessários ao provimento e à prestação de serviços eficiente e de qualidade para a sociedade, além de ser considerada uma das principais funções do Estado em qualquer estágio de desenvolvimento. No setor de saneamento básico, a regulação tem a finalidade de promover e zelar pela eficiência econômica e técnica dos serviços públicos delegados. Esse artigo tem como objetivo geral analisar o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro. Trata-se de um estudo de natureza quantitativa, quanto ao objetivo é exploratório-descritivo, utilizando o método de pesquisa bibliométrico. Os artigos analisados foram localizados na base de dados Periódicos Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os resultados mostram que o perfil de autoria é de dois autores por artigo, sendo doutores localizados na região sudeste do país. Os temas mais abordados foram ações da regulação e agência reguladora. Constatou-se, também, que as vertentes do saneamento mais estudadas quanto à regulação são abastecimento de água e esgotamento. A maioria dos artigos não evidenciaram os procedimentos metodológicos. Há movimentos de oscilação na quantidade de publicações no período estudado (2007 a 2020). Para estudos futuros, sugere-se diversificar o estudo sobre regulação do saneamento básico, principalmente nas vertentes não contempladas, tais como, o manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Recomenda-se ainda replicar esse estudo com outras bases de dados, assim como em anais de eventos, dissertações, teses entre outros tipos de publicações.

Palavras-chave: Saneamento Básico, Regulação, Estudo bibliométrico.

INTRODUÇÃO

O novo marco do saneamento, disposto na Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020, traz como grande desafio a universalização do saneamento básico em território nacional e a regulação dos serviços, com a fiscalização do cumprimento de metas e prestação de serviços de qualidade e de forma eficiente para toda a população (BRASIL, 2020). Em concordância com a Agenda 2030 das United Nations (UN, 2015) em seu Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, o qual busca alcançar o acesso universal a água potável e ao saneamento e higiene adequados e equitativos para todos.

Com base nesse marco, o saneamento é composto por quatro vertentes, a saber: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), banco de dados brasileiros sobre informações e indicadores do setor de saneamento nacional, aponta que o índice de atendimento da população total com água é de 83,7% e com coleta de esgoto é de 54%, com investimento de R$ 15,7 bilhões (BRASIL, 2019).

Observando-se os índices de atendimento, pode-se constatar que é necessário um avanço para que ocorra a universalização desses serviços.

Para Bertoncini e Cavassin (2019), a universalização dos serviços supracitados gera inúmeros impactos no meio ambiente e direito social, reduzindo gastos na área de saúde, reduzindo a mortalidade infantil, as faltas ao trabalho, poupando inúmeras vidas e dinheiro para os cofres públicos. Pode-se observar durante a pandemia da COVID-19, a importância do saneamento básico e o quanto impacta no setor de saúde pública, haja vista a utilização de água tratada para a realização de higienização corporal, roupas, alimentos, ambientes, entre outros, além da coleta e tratamento adequado dos efluentes.

Ainda conforme os mesmos autores, a prestação dos serviços de água e esgoto se dava em ambiente de monopólio natural, situação que limitava a concorrência ao momento de escolha do prestador pelo Poder Público e que exigia a implementação de mecanismos de regulação que estabeleçam critérios de eficiência, simulando um ambiente concorrencial para a prestação do serviço frente ao usuário (utilizando outras empresas eficientes como referência) (BERTOCINI; CAVASSIN, 2019).

Para a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE), o poder regulatório é exercido com a finalidade última de atender o interesse público, mediante normatização, planejamento, acompanhamento, controle e fiscalização das concessões e permissões, promovendo

e zelando pela eficiência econômica e técnica dos serviços públicos e propiciando aos seus usuários as condições de regularidade, continuidade, segurança, atualidade, modicidade tarifária e universalidade (ARCE, 2021).

Diante do exposto, a questão de pesquisa que norteia este estudo é: Qual o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro? Como apresentado, este estudo propõe fazer a análise das publicações dos periódicos indexados em base de dados nacional, entre os anos de 2007 a 2020, período em que houve dois marcos regulatórios do setor de saneamento básico a Lei Federal nº 11.445/07 e a Lei Federal nº 14.026/20. (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020). Foram definidas as seguintes hipóteses: (1) as pesquisas foram realizadas predominantemente por 2 autores, mestres e vinculados às universidades da região sudeste; (2) as vertentes do saneamento mais abordadas são o abastecimento de água potável e esgotamento sanitário; (3) os procedimentos metodológicos predominantes são: abordagem 1 qualitativa, de natureza exploratória, utilizando como técnica de coleta de dados secundários, procedimento pesquisa bibliográfica e para a análise dos dados a análise de conteúdo; (4) a produção científica sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro cresceu nos últimos anos.

Com intuito de responder o problema da pesquisa, o presente estudo tem como objetivo geral analisar o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro. Com a finalidade de alcançar os resultados desejados, a pesquisa tem como objetivos específicos: (1) identificar o perfil de autoria; (2) identificar de que modo a produção científica aborda as vertentes do saneamento básico;(3) identificar os procedimentos metodológicos; (4) verificar a evolução da produção científica no que concerne estudos voltados para a regulação no setor de saneamento básico entre os anos de 2007 a 2020.

A pesquisa bibliométrica com enfoque na regulação em saneamento torna-se relevante para o meio acadêmico, pois possibilitará o entendimento sobre a situação do tema estudado, disponibilizando a outros pesquisadores uma base de conhecimento sobre os artigos, autores e periódicos mais destacados sobre o assunto, fornecendo um panorama da produção científica catalogada sobre o tema, demonstrando as tendências de publicação para todos os atores envolvidos e interessados na área em questão, bem como o levantamento de dados e informações para o desenvolvimento das atividades regulatórias.

Em meio a essas pesquisas, Reis et al. (2017), salienta que o estudo bibliométrico surge como procedimento relevante, especialmente quando se deseja realizar uma pesquisa especializada, que é

fundamental para a evolução da área, buscando ao mesmo tempo atender a necessidade de identificação (mapeamento) e caracterização da produção científica.

Nesse sentido, buscando atingir o objetivo desta pesquisa, realizou-se um estudo exploratório-descritivo, com abordagem quantitativa, utilizando o método de pesquisa bibliométrico. Os procedimentos técnicos são documentais, mediante consulta de artigos indexados na base de dados Periódicos CAPES no período de 2007 a 2020.

O artigo contempla cinco seções. A primeira seção corresponde a esta introdução, a segunda seção aborda o referencial teórico, que traz a regulação do setor de saneamento básico e estudos bibliométricos anteriores sobre saneamento, a terceira seção refere-se à metodologia do trabalho, a quarta seção consiste nos resultados alcançados e análise dos mesmos e, por fim, na quinta seção apresentam-se as conclusões.

REVISÃO DA LITERATURA

Para analisar o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro expõe-se, a seguir, um referencial teórico contendo os seguintes tópicos: (1) regulação do setor de saneamento básico e, (2) estudos bibliométricos anteriores sobre a área de saneamento.

REGULAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO

A regulação é uma das principais funções do Estado em qualquer estágio de desenvolvimento e uma de suas responsabilidades são as regras e padrões de contratos necessários ao provimento e à prestação de serviços eficiente e de qualidade para a sociedade. A mesma realiza suas diversas funções operativas, buscando-se manter dentro de referências ou limites predeterminados com o propósito de garantir que o sistema, no seu todo, atinja seu objetivo precípuo (BARBOSA; MARRARA, 2019).

A regulação de serviços públicos se vale de instrumentos jurídicos para se fazer impor, especialmente em circunstâncias de monopólio natural (nas quais a concorrência não é factível ou eficiente), uma atividade regulatória baseada na simulação de condições de mercado, como se elas estivessem presentes (BERTONCINI; CAVASSIN, 2019).

A regulação também age na proteção dos usuários contra o abuso do poderio econômico, em virtude da dominação dos mercados e da eliminação da concorrência, além do aumento arbitrário dos lucros, fixando, para isso, regras procedimentais claras, inclusive em relação ao estabelecimento, revisão,

ajuste e aprovação de tarifas, atender, através das entidades reguladas, às solicitações razoáveis de serviços necessárias à satisfação das necessidades dos usuários (ARCE, 2021).

Bertoncini e Cavassin (2019), ressaltam que em se tratando de um serviço essencial é obrigatória a intervenção estatal mediante a adoção de políticas públicas que regulam o regime monopolista, objetivando conter a lucratividade excessiva e lutar pelo atendimento universal dos cidadãos com serviços de qualidade, aptos a promover o bem-estar e uma vida digna.

O ente regulador tem a competência de fiscalizar o cumprimento das metas estabelecidas no plano de saneamento básico. Por isso, passa-se a analisar a atividade regulatória, que é essencial para a realização efetiva da política pública implementada com o Marco Regulatório do Saneamento Básico (BERTONCINI; CAVASSIN, 2019).

No setor de saneamento básico, a regulação tem a finalidade de promover e zelar pela eficiência econômica e técnica dos serviços públicos delegados, buscando melhorias nas condições de regularidade, continuidade, segurança, atualidade, universalidade e modicidade das tarifas, tentando conciliar as relações entre o poder concedente, entidades reguladas e usuários, fomentando a expansão e a modernização dos serviços delegados, de modo a buscar a sua universalização e a melhoria dos padrões de qualidade, ressalvada a competência do Estado quanto à definição das políticas de investimento e estimular a livre, ampla e justa competição entre as entidades reguladas, bem como corrigir os efeitos da competição imperfeita (ARCE, 2021).

No Brasil, o papel de instituir normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico é da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), criada por meio da Lei Federal nº 9.984 de 17 de julho de 2000, com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) (BRASIL, 2000).

O novo marco legal traz em seu artigo 4º que a ANA instituirá normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico por seus titulares e entidades que realizam a regulação e fiscalização, devendo ser observadas as diretrizes para a função de regulação estabelecida. Ainda no inciso II, do referido artigo, compete a essa agência a regulação tarifária, com vistas a promover a prestação adequada, o uso racional de recursos naturais, o equilíbrio econômico-financeiro e a universalização do acesso ao saneamento básico (BRASIL, 2020).

ESTUDOS BIBLIOMÉTRICOS ANTERIORES SOBRE SANEAMENTO

No que diz respeito a temática saneamento Reis et al. (2017), argumentam que existe uma série de estudos que abordam essa temática e que se concentram em pesquisas tanto qualitativas, em que envolve aspectos descritivos, como quantitativos, porém, quando se trata dos estudos bibliométricos disponíveis, os autores ressaltam que a literatura se encontra escassa, o que reforça a relevância para a elaboração deste artigo e evidencia a importância da realização de pesquisas com abordagem sobre o novo marco de saneamento.

Reis et al. (2017), em seu artigo, cujo, objetivo estava em mapear, selecionar e analisar as principais características do perfil da produção científica nacional e internacional na área do Saneamento, entre 1994 e 2015, por meio de um estudo bibliométrico, apresenta os principais estudos bibliométricos já realizados com o tema saneamento, expondo os trabalhos desenvolvidos pelos autores Berg (2010), Oliveira et al. (2012) e Ensslin et al. (2015). Os autores salientam que, embora, estes trabalhos tenham contribuído com uma base de conhecimento sobre os artigos, autores e periódicos mais destacados em sua respectiva área temática, esses mesmos trabalhos, não realizaram mapeamento, descrição e análise sobre a produção científica nacional e internacional na área do Saneamento.

A seguir, são listados, no quadro 1, os principais estudos bibliométrico já realizados que abordam o tema saneamento, contendo os objetivos, os aspectos metodológicos e os resultados dos respectivos estudos.

Quadro 1: Estudos anteriores sobre saneamento básico

Autor (ano)	Objetivos	Aspectos Metodológicos	Resultados
Reis *et al.* (2017)	Mapear, selecionar e analisar as principais características do perfil da produção científica nacional e internacional na área do Saneamento, entre 1994 e 2015.	Pesquisa qualitativa e quantitativa. Foram mapeadas as produções acadêmicas disponíveis nos periódicos da Capes, nos anais de eventos nacionais e nos bancos de dados dos indexadores 'SCOPUS' e 'Web Of Science'.	Foram mapeados 2.282 artigos científicos. Após a análise do conteúdo foram selecionados 153 para compor o portfólio bibliográfico de revisão da literatura científica sobre saneamento. Os achados demonstram uma relativa expansão das pesquisas em saneamento e a presença de pesquisadores brasileiros, indicando uma base intelectual local. Os autores concluíram que a pesquisa sobre o saneamento é fundamental para visualizar lacunas e dar suporte a novos estudos.

Autor (ano)	Objetivos	Aspectos Metodológicos	Resultados
Ensslin *et al*. (2015)	Buscar informações na literatura científicasobre a avaliação de desempenho nas empresas de saneamento básico.	Foi empregado o método Knowledge Development Process - Construtivistas (PROKNOW-C) para a identificação dos artigos científicos relacionado a avaliação de desempenho nas empresas de saneamento.	Foram identificados 14 artigos científicos, os quais foram analisados bibliometricamente a partir da identificação dos periódicos, dos autores, das palavras-chave e fatores de impacto. Os autores concluíram que através do levantamento bibliométrico, além de aprofundar a pesquisa, foi possível obter um conhecimento adequado sobre a temática.
Oliveira *et al*. (2012)	Realizar uma análise bibliométrica sobre pesquisas com foco em custos e eficiência no setor de saneamento básico.	Foi realizado o teste Qui-Quadrado e Análise de Correspondência com o objetivo de constatar se as pesquisas mapeadas seguiam uma tendência conforme eram alterados os anos ou países da amostra.	Foram mapeados 126 artigos publicados em periódicos de 14 diferentes localidades e analisaram o ano e o local de publicação das pesquisas, bem como a metodologia adotada, a especificação do modelo utilizado e o enfoque mais abordado. As autoras verificaram uma maiorpropensão dos estudos de uso de funções e fronteiras de custos aplicados no saneamento.
Berg (2010)	Fornece uma visão geral dos pontos fortes e limitações de diferentes metodologias para fazer comparações de desempenho ao longo do tempo e entre concessionárias de água (benchmarking métrico). Além disso, identifica maneiras de determinar a robustez das classificações de desempenho.	Esse autor elencou uma série de metodologias e técnicas econométricas aplicadas em saneamento,	Identificou 190 estudos publicados na área de saneamento básico no mundo, assim como desenvolveu uma análise baseada num conjunto variado de indicadores de desempenho para as companhias de abastecimento de água.

Ao observar a trajetória das publicações apresentadas no quadro 01, percebe-se as variadas formas de tratar sobre o tema saneamento básico na produção científica, envolvendo estudos bibliométricos voltados para o levantamento do perfil da produção científica nacional e internacional, a avaliação de desempenho das empresas, os custos e eficiência no setor de saneamento básico, os pontos fortes e limitações de diferentes metodologias para fazer comparações de desempenho ao longo do tempo e entre concessionárias de água, as maneiras de determinar a robustez das classificações de

desempenho, contribuindo para um diagnóstico da produção científica sobre o tema e sua ampliação. Porém, constatou-se a ausência de estudos bibliométricos voltados para a regulação do setor de saneamento especificamente no Brasil, que será o foco deste estudo.

METODOLOGIA

O objetivo desta pesquisa foi analisar o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro, para tanto, o referido estudo foi conduzido pelo método de pesquisa bibliométrica. Segundo Ferreira et al. (2015), esse tipo de pesquisa conduz para um estudo voltado para os aspectos quantitativos com a finalidade de analisar a produção científica de um determinado tema e que foram formuladas leis matemáticas, com a finalidade de mensurar a produção científica, entre estas leis as principais são: Lei de Lotka, Lei de Zipf e a Lei de Brandford.

A Lei de Lotka ou Lei do Quadrado Inverso, aponta que um número reduzido de pesquisadores produz muito em determinada área de conhecimento, enquanto uma grande quantidade de pesquisadores produz pouco. Essa lei estabelece também, que uma área mais produtiva, quanto mais artigos seus estudiosos produzirem durante toda a sua carreira (LOTKA, 1926). A Lei de Zipf ou Lei do Mínimo Esforço tem como premissa medir a frequência do aparecimento de palavras-chaves em várias publicações e a classificação do documento em determinada área; ZIPF, 1949). Já a Lei de Bradford ou Lei da Dispersão, possibilita estimar o grau de relevância de periódicos que atuam em áreas do conhecimento específicas, levando-se em consideração o grau de atração, reputação e produtividade (BRADFORD, 1934).

A pesquisa é do tipo descritiva e exploratória. Descritiva por oportunizar o pesquisador a conhecer o cenário de sua situação em que expressará o resultado em números (LOCKE, SILVERMAN; SPIRDUSO, 2010). Exploratório por trazer maior familiaridade do assunto em questão (MATIAS, 2019). Esse estudo classifica-se como quantitativo em relação à abordagem do problema. Nesta discussão os autores Lakatos e Marconi (2017), defendem que a pesquisa quantitativa se volta para dados mensuráveis ou observáveis de um determinado objeto de estudo.

Foi feita a coleta dos dados no período de 2007 a 2020, intervalo ocorrido entre dois marcos regulatórios do setor de saneamento básico a Lei Federal nº 11.445/07 (BRASIL, 2007) e a Lei Federal nº 14.026/20 (BRASIL, 2020), obtidos mediante consulta aos bancos de dados de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Web of Science, considerados como um repositório de artigos científicos que proporcionam acesso à informação

técnico-científica nacional e internacional. A figura 01 apresenta fluxograma com os procedimentos realizados para a coleta dos dados.

Depois da seleção dos artigos, procedeu-se a leitura dos mesmos, excluindo os artigos que não abordavam diretamente a regulação dos serviços de saneamento, restando uma amostra de 21 artigos. Em muitos dos artigos excluídos o termo regulação e saneamento estava associado à saúde, políticas públicas e engenharia, sendo desconsiderados por não estarem totalmente alinhados com o objetivo da pesquisa.

Para a análise bibliométrica, conforme figura 1, os dados foram obtidos da própria base de dados Capes e Web of Science e de arquivos dos artigos no formato PDF e sua posterior tabulação com o auxílio do software Microsoft Excel e Power Business Intelligence, com roteiro estruturado, conforme os objetivos específicos, com os seguintes itens: título do artigo, instituição, área de conhecimento, identificação da revista, estado da revista, ano de publicação, tema central, procedimentos metodológicos (classificação se teórico ou empírico, quanto à abordagem, quanto aos procedimentos, quanto aos objetivos, técnica de coleta e método de análise de dados), campo/setor de estudo e perfil do(s) autor (es) (nome, formação, instituição).

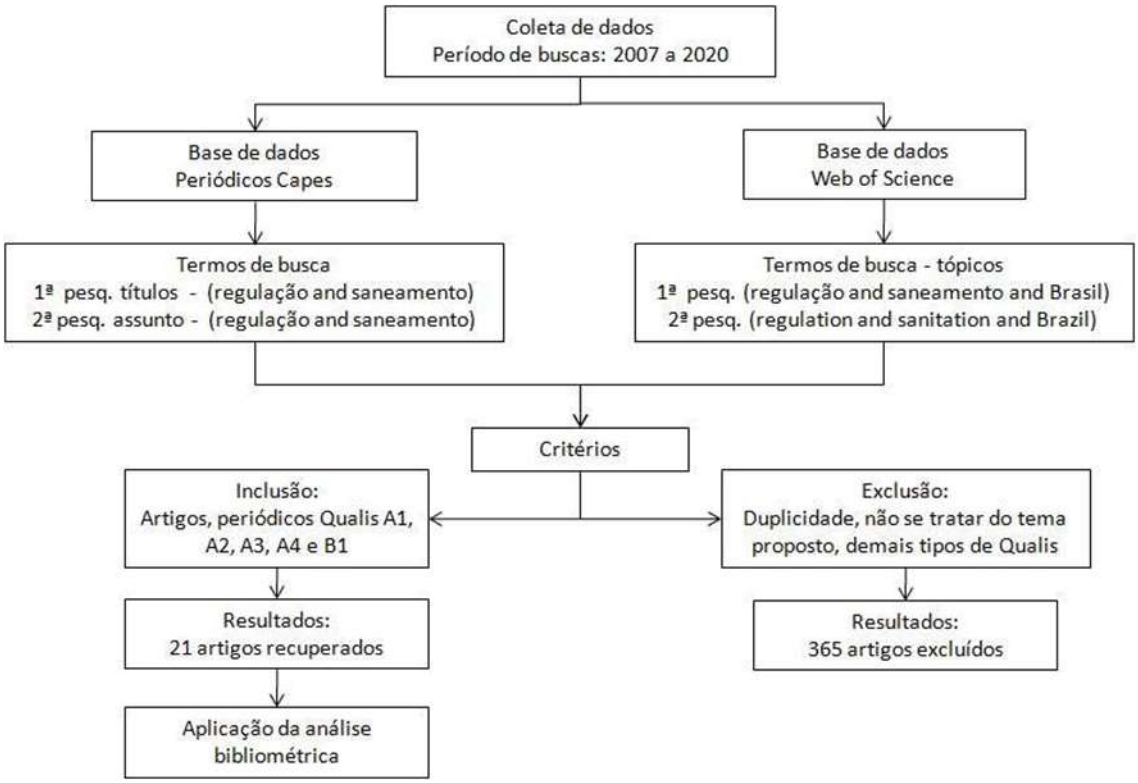


Figura 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.

Para a quantificação da formação e da instituição do autor não houveram exclusões dos autores que se repetiam, pois observou-se que dependendo da data de publicação do artigo, esses dados divergiam. Com relação à instituição do autor e sua identificação, o critério utilizado para a escolha dos dados expostos no artigo segue a seguinte ordem: (1) a instituição que o pesquisador trabalha ou estuda; (2) a instituição de formação ou (3) não especificado.

Para análise dos dados foi utilizada a análise de conteúdo, que conforme Bardin (2016) consiste em um agrupamento de técnicas que servem para análise da comunicação, por meio de procedimento sistemático para extrair os significados temáticos de seus elementos, bem como classificar o material a ser estudado em tópicos ou categorias para ajudar na compreensão dos apanhados.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados do presente trabalho foram expostos a seguir, de acordo com os objetivos especificados para análise: (1) identificar o perfil de autoria; (2) identificar de que modo a produção científica aborda as vertentes do saneamento básico; (3) identificar os procedimentos metodológicos; (4) verificar a evolução da produção científica no que concerne estudos voltados para a regulação no setor de saneamento básico entre os anos de 2007 a 2020.

PERFIL DE AUTORIA

No perfil de autoria, levou-se em consideração o nome de todos os autores dos artigos da amostra levantada. Verificou-se que os estudos foram realizados por no máximo oito pesquisadores, com predominância de dois autores por artigo, equivalente a 52,38%, seguido pela quantidade de três autores, com 23,81% dos trabalhos, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de artigos publicados por periódico.

Quant. de autores	Quant. de artigos	%
1 autor	1	4,76
2 autores	11	52,38
3 autores	5	23,81
4 autores	2	9,52
5 autores	1	4,76
6 autores	0	0,00
7 autores	0	0,00
8 Autores	1	4,76

Na produção dos autores, observou-se que dos 50 autores/coautores, os mais produtivos no período foram: Alceu de Castro Galvão Júnior, Wanderley da Silva Paganini, Frederico Araújo Turolla, Nilson do

Rosário Costa, Ana Cristina Augusto de Sousa, de acordo com a Tabela 2. Os outros 45 autores/coautores publicaram apenas 1 artigo.

Tabela 2: Autores mais produtivos.

Ordem	Autor	Instituição	Nº de publicações
1	Alceu de Castro Galvão Junior	ARCE	4
2	Wanderley da Silva Paganini	USP	2
3	Frederico Araujo Turolla	FGV	2
4	Nilson do Rosário Costa	FIOCRUZ	2
5	Ana Cristina Augusto de Sousa	FIOCRUZ	2

A formação dos autores é apresentada da Tabela 3. Verificou-se que houve uma de especialista a doutor. Observou-se uma predominância de autores/coautores com o grau de doutor (29,51%), seguido por doutorandos (6,56%), mestres e mestrandos com 4,92% cada. Em várias publicações não foi especificado a formação da autoria.

Tabela 3: Formação dos autores.

Formação	Quantidade de autores	%
Doutorado	18	29,51
Doutorando	4	6,56
Mestrado	3	4,92
Mestrando	3	4,92
Especialista	1	1,64
Não especificado	32	52,46

Na Tabela 4, são listadas as instituições onde os autores estão vinculados. A universidade com mais autores foi a Universidade de São Paulo (USP), com 42,42%, na sequência aparece o Departamento Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fiocruz (PE) com 12,12%.

Tabela 4: Instituições dos autores.

Instituição	Quantidade	%
Universidade de São Paulo(USP)	14	42,42
Departamento Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fiocruz (PE)	4	12,12
Fundação Getulio Vargas	2	6,06
Universidade estadual do Rio de Janeiro	2	6,06
Universidade Federal de Minas Gerais	2	6,06
Fiocruz	2	6,06
Instituto Federal do Espirito Santo	2	6,06
Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM)	1	3,03
Superintendência Estadual de Minas Gerais, Funasa, Ministério da Saúde	1	3,03
Universidade de Lisboa (Portugal)	1	3,03
Universidade Federal do Rio de Janeiro	1	3,03
Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE)	1	3,03

Conforme foi visto na Tabela 4 e consta na Figura 2, o tema em questão tem sido mais contemplado por pesquisadores do sudeste. Portanto, podendo ser mais estudado por pesquisadores das demais regiões brasileiras.



Figura 2: Instituições por estado.

No geral, foi verificado que, as características predominantes do perfil de autoria dos artigos sobre regulação no setor de saneamento básico são: possuir dois autores, os pesquisadores possuem a titulação de doutorado e estão vinculados às instituições do sudeste. Foi visto também que Alceu de Castro Galvão Junior, Wanderley da Silva Paganini, Frederico Araujo Turolla, Nilson do Rosário Costa, Ana Cristina Augusto de Sousa são os autores mais produtivos nessa área.

EIXOS TEMÁTICOS ABORDADOS

Na Tabela 5, são apresentados os temas abordados pelos artigos analisados, observou-se uma grande variedade de temas relacionados à regulação na área do saneamento básico. No entanto, os temas que mais se destacaram foram ações da regulação e agências reguladoras com 19,05% cada. Foram recorrentes na análise a abordagem sobre marco regulatório, regulação dos serviços de saneamento, universalização, desempenho das empresas do setor com 14,29% cada e 4,75% relacionados às tarifas. Ainda foi possível verificar nos artigos que abordavam temas relacionados ao marco regulatório, universalização, regulação dos serviços de saneamento, a menção às vertentes do saneamento, a

menção às vertentes do saneamento básico, abastecimento de água Potável e esgotamento sanitário.

Tabela 5: Eixos temáticos.

Tema central	Quant.	%
Marco regulatório	3	14,29
Regulaçao dos serviços de saneamento	3	14,29
Ações da regulação	4	19,05
Agencia reguladora	4	19,05
Universalização	3	14,29
Desempenho da empresas do setor	3	14,29
Tarifa	1	4,76

ASPECTOS METODOLÓGICOS

No tocante à análise dos procedimentos metodológicos, primeiramente os artigos foram classificados como teórico e empírico. Na totalidade dos artigos verificados 66,67% são teóricos e 33,33% são empíricos (ver Tabela 6). Assim, evidencia-se que a regulação no setor de saneamento é mais estudada do ponto de vista teórico.

Tabela 6: Classificação quanto ao tipo de pesquisa.

Classificação quanto ao tipo de pesquisa	Quantidade	%
Teórico	14	66,67
Empírico	7	33,33

Com relação à abordagem, apresentada na Tabela 7, a grande maioria dos autores não especificaram, totalizando 76,19% dos artigos analisados. Tanto os estudos qualitativos, como os quantitativos correspondem a 9,52%. Já os estudos com as duas abordagens, qualitativa e quantitativa, só representam 4.76%.

Tabela 7: Classificação quanto à abordagem.

Classificaçao quanto a abordagem	Quantidade	%
Qualitativa	2	9,52
Quantitativa	2	9,52
Quantitativa e qualitativa	1	4,76
Não especificado no artigo	16	76,19

Quanto aos procedimentos, na Tabela 8, mostra um resultado de 61,9% no que diz respeito a sua não especificação, em 19,05% a pesquisa bibliográfica foi identificada, 9,52% está a pesquisa documental,

em pesquisa de campo e no conjunto pesquisa bibliográfica, documental e de campo, foram identificados com um percentual de 4,76% cada.

Tabela 8: Classificação quanto aos procedimentos.

Classificação quanto aos procedimentos	Quantidade	%
Pesquisa de campo	1	4,76
Documental	2	9,52
Pesquisa bibliográfica	4	19,05
Pesquisa bibliográfica, documental e de campo	1	4,76
Não especificado no artigo	13	61,9

Na classificação das pesquisas quanto aos objetivos (Tabela 9), a grande maioria dos autores não especificaram, totalizando 85,71% da amostra. Nos artigos especificados, 9,52% são de pesquisa exploratória e descritiva e 4,76% são de pesquisa descritiva.

Tabela 9: Classificação quanto aos objetivos.

Classificação quanto aos objetivos	Quantidade	%
Pesquisa descritiva	1	4,76
Pesquisa explorátória e descritiva	2	9,52
Não especificado no artigo	18	85,71

Em seguida, as técnicas de coleta de dados foram examinadas. De acordo com a tabela 10, a grande maioria dos autores não mencionam as técnicas utilizadas mostrando um percentual de 80,95 %, a combinação de: entrevista e dados secundários; entrevista e questionário; entrevista, observação e questionário e a observação só foram mencionados nos artigos analisados apenas uma vez perfazendo um percentual de 4,76% cada.

Tabela 10: Classificação quanto à coleta de dados.

Técnica de coleta de dados	Quantidade	%
Entrevista e dados secundários	1	4,76
Observação	1	4,76
Entrevista e questionário	1	4,76
Entrevista, observação e questionário	1	4,76
Não especificado	17	80,95

No que se refere aos métodos de análise de dados, na tabela 11, é nítido observar a predominância, com 76,19%, do item “não especificado no artigo”, em seguida, dentro da abordagem de análise qualitativa, com 4,76% cada, temos análise de conteúdo, análise do discurso e a análise documental.

Já na abordagem quantitativa encontrou- se apenas 9,52% em estatística descritiva, correlação mencionada pelos autores.

Tabela 11: Classificação quanto ao método de análise de dados.

Métodos de análise de dados dos artigos pesquisados	Quantidade	%
Analise qualitativa		
Análise de conteúdo	1	4,76
Análise do discurso	1	4,76
Análise documental	1	4,76
Não especificado no artigo	16	76,19
Análise quantitativa		
Estatística descritiva, correlação	2	9,52

Quanto aos procedimentos metodológicos, observa-se nos resultados encontrados a falta de menção quanto à caracterização da metodologia, onde a maioria dos artigos analisados não deixam claro as tipologias utilizadas quanto aos tipos de pesquisa, a abordagem, os objetivos, a coleta e análise de dados o que poderá sinalizar que a quantidade relacionada a essas caracterizações poderiam ser bem maiores.

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Nesta seção será verificada a produção científica no período de 2007 a 2020. Na tabela 12 estão listados os periódicos que publicaram sobre a temática e no gráfico 1 está a quantidade de artigos publicados anualmente.

Pode-se observar na tabela 12 que foram 21 artigos publicados em 11 periódicos. Os periódicos que mais publicaram foram: Revista de Administração Pública, Revista Ambiente & Sociedade, Engenharia Sanitária Ambiental e Revista Ciência e Saúde Coletiva, com 6, 4, 2 e 2 artigos, respectivamente. Apesar da vital importância da regulação dos serviços de saneamento básico, existem poucas publicações sobre o tema, o que demonstra pouco interesse da comunidade científica, e em número restrito de periódicos.

Tabela 12: Quantidade de artigos publicados por periódico.

Identificação da revista	Qualis	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Engenharia Sanitaria e Ambiental	A3		1	1												2
Revista de Administração Pública	A2			1			2	1		1					1	6
Revista Ciência & Saúde Coletiva	A3						2									2
Revista Panamericana de Salud	A4			1												1
Cadernos do Desenvolvimento	B1											1				1
Revista de Desenvolvimento	B1														1	1
Rev. Direito Economico e	A2													1		1
Rev. Ambiente & Sociedade	A1							1		1	1	1				4
Paranoá : cadernos de arquitetura e	B1							1								1
História, Ciência e Saúde	B1										1					1
Revista Ambiente & Agua	A3										1					1
Total (11 revistas)		0	1	3	0	0	4	3	0	2	3	2	0	1	2	21

A figura 3 mostra que houve uma flutuação na produção científica. Verificou-se que 2012 foi ano que apresentou a maior produtividade, com 4 publicações, seguido dos anos 2009 e 2016 com 3 artigos cada um. Nos anos de 2007, 2010, 2011 e 2018 não houve publicações.

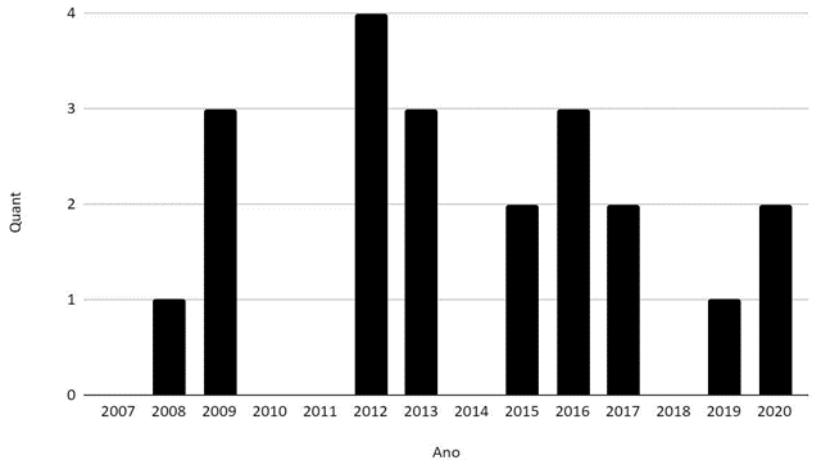


Figura 3: Quantidade de artigos publicados por ano.

Da análise da produção científica no período de 2007 a 2020, evidencia-se que a produção científica sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro nesses 14 anos não é muito significativa, com períodos de ascensão e declínio, chegando às vezes a zerar a publicação.

CONCLUSÕES

O estudo teve como base a seguinte questão de pesquisa: Qual o estado da arte da produção científica nacional sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro? Os resultados discorridos permitiram responder a essa pergunta, cumprindo, portanto, o objetivo geral da pesquisa que foi analisar as publicações sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro nos periódicos nacionais, bem como os seus objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico foi identificar o perfil de autoria. A hipótese formulada era que as pesquisas foram realizadas por 2 autores, mestres e vinculados às universidades da região sudeste. Essa hipótese foi parcialmente confirmada, pois o único critério que não houve convergência foi com a formação dos autores/coautores onde foi verificado que a maior quantidade de publicações é realizada por doutores. Foi constatado também que Alceu de Castro Galvão Júnior é o autor que mais publica. Segundo o resultado, percebe-se que existe uma necessidade do avanço de pesquisas nessa temática em outras regiões brasileiras. Nesse sentido recomenda-se a descrição da metodologia adotada pelos autores, mesmo essas não sendo mencionadas.

No segundo objetivo específico constatou-se que os temas mais abordados foram ações da regulação e agência reguladora, as quais aparecem 4 vezes cada como tema central. Vale ressaltar que todos os artigos analisados tratam da regulação nas vertentes abastecimento de água e esgotamento sanitário. Não foram identificados artigos abordando as vertentes manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Assim, a hipótese dois, as vertentes do saneamento mais abordadas são o abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, foi confirmada. Recomenda-se, assim, que sejam realizados mais estudos com as vertentes não exploradas.

O terceiro objetivo específico foi identificar os procedimentos metodológicos adotados. A hipótese era que os procedimentos metodológicos predominantes são: abordagem qualitativa, de natureza exploratória, utilizando como técnica de coleta de dados secundários, procedimento pesquisa bibliográfica e para a análise dos dados a análise de conteúdo. Porém, essa hipótese não pôde ser confirmada pelo fato de uma grande predominância de artigo em que a caracterização metodológica não foi mencionada pelos autores, em alguns aspectos essa caracterização ficou somente subentendida pelo teor de como a mesma foi conduzida.

O quarto e último objetivo específico foi verificar a evolução da produção científica sob esse enfoque no período estudado. A hipótese inicial era que o número de publicações sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro cresceu nos últimos anos. Os resultados apontam que houve uma oscilação na quantidade de artigos, ocorrendo períodos de ascensão e declínio, bem como houve anos que não tiveram publicações. Assim, a hipótese 1 não foi confirmada. A produção é reduzida e pouco abrangente, visto que apenas 11 revistas publicaram sobre a temática, indicando desinteresse da comunidade científica no fenômeno. Dessa maneira, sugere-se que para que essa área se desenvolva de forma satisfatória, haja um incremento na quantidade de estudos, buscando-se uma regularidade nas publicações anuais.

A presente pesquisa apresenta como contribuição uma análise quantitativa das publicações sobre regulação no setor de saneamento básico brasileiro, com enfoque na evolução da produção científica, procedimentos metodológicos adotados, perfil de autoria e as temáticas mais abordadas, fornecendo um panorama da produção acadêmica desse setor nos últimos 14 anos.

Considerando os resultados da revisão bibliométrica desenvolvida, sugere-se dar continuidade à pesquisa a partir de um estudo de revisão sistemática de literatura com vistas a identificar o perfil dos artigos publicados, suas contribuições e sugestões de pesquisas futuras, na intenção de analisar criticamente os artigos que emergiram do estudo e demonstrar um caminho novo e relevante para o desenvolvimento de novas pesquisas, tais como, a diversificação de estudos sobre regulação do saneamento básico, principalmente nas vertentes não contempladas como por exemplo, o manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Recomenda-se ainda replicar esse estudo com outras bases de dados, assim como em anais de eventos, dissertações, teses entre outros tipos de publicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO ESTADO DO CEARÁ. ARCE. Institucional. 2021. Disponível em: https://www.arce.ce.gov.br/institucional/ Acesso em: 20 junho 2022.

2. BARBOSA, A. F.; MARRARA, T. As funções do regulador de saneamento básico no Brasil. Rev. Direito Econ. Socioambiental, v. 10, n. 3, p. 127-147, 2019.

3. BERG, S. Water utility benchmarking. Measurement, Methodologies, and Performance Incentives. International Water Association (IWA) Publishing, New York, London, 2010.

4. BERTONCINI, M. E. S. N; CAVASSIN, M. V. A regulação no setor de saneamento básico e a dignidade humana. Relações Internacionais no Mundo Atual, v. 1, n. 22, p. 1-20, 2019.

5. BRADFORD, S. C. Sources of information on specific subjects. Engineering, v. 137, n.1, p. 85-6, 1934.

6. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Brasília: Presidência da República, 2020. Disponível em:

   14 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 10 de junho de 2022.

7. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e- esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019. Acesso em: 10 jun. 2022.

8. BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. Brasília: Presidência da República, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

9. BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) [...]. Brasília: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

10. ENSSLIN, L.; et al. Avaliação de Desempenho nas Empresas de Saneamento Básico: Construção de um Portfólio Bibliográfico Relevante ao Tema. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 4, n. 1, p. 72-90, 2015.

11. FERREIRA, J. B.; SADOYAMA, A. S. P.; CORREIA, A. F. C.; GOMES, P. A. T. P. Diversidade e gênero no contexto organizacional: um estudo bibliometrico. Revista Pensamento Contemporâneo, v. 9, n. 3, p. 45-66, 2015.

12. LAKATOS, Maria, E. MARCONI, Andrade, M. D. Metodologia Cientifica. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

13. LOCKE, L. F.; SILVERMAN, S.J.; SPIRDUSO, W. W. Reading and understanding research. 3. ed. SAGE Publications. 2010.

14. LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. Journal of the Washington Academy of Sciences, v. 16, n. 12, p. 317-23, 1926.

15. MATIAS, J. Manual de Metodologia da Pesquisa Científica. São Paulo: Atlas, 2019.

16. OLIVEIRA, D.; et al. Análise de tendência dos estudos enfocados em custos e eficiência do setor de saneamento básico. Revista Ambiente Contábil, v. 4, n. 2, p. 40, 2012.

17. REIS. D. A.; et al. Estudo bibliométrico da produção científica nacional e internacional no setor de saneamento. Revista GEINTEC-Gestao Inovação e Tecnologias, v.7, n.1, p.3669-3685, jan/fev/mar, 2017.

18. UN. United Nations. Resolution adopted by the General Assembly: Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1). 2015. Disponível em: https://undocs.org/en/A/RES/70/1. Acesso em: 8 mai. 2022.

19. ZIPF, G. K. Human behavior and the principle of least effort. Cambridge, MA: Addison Wesley, 1949.

Capítulo 16

10.37423/231008275

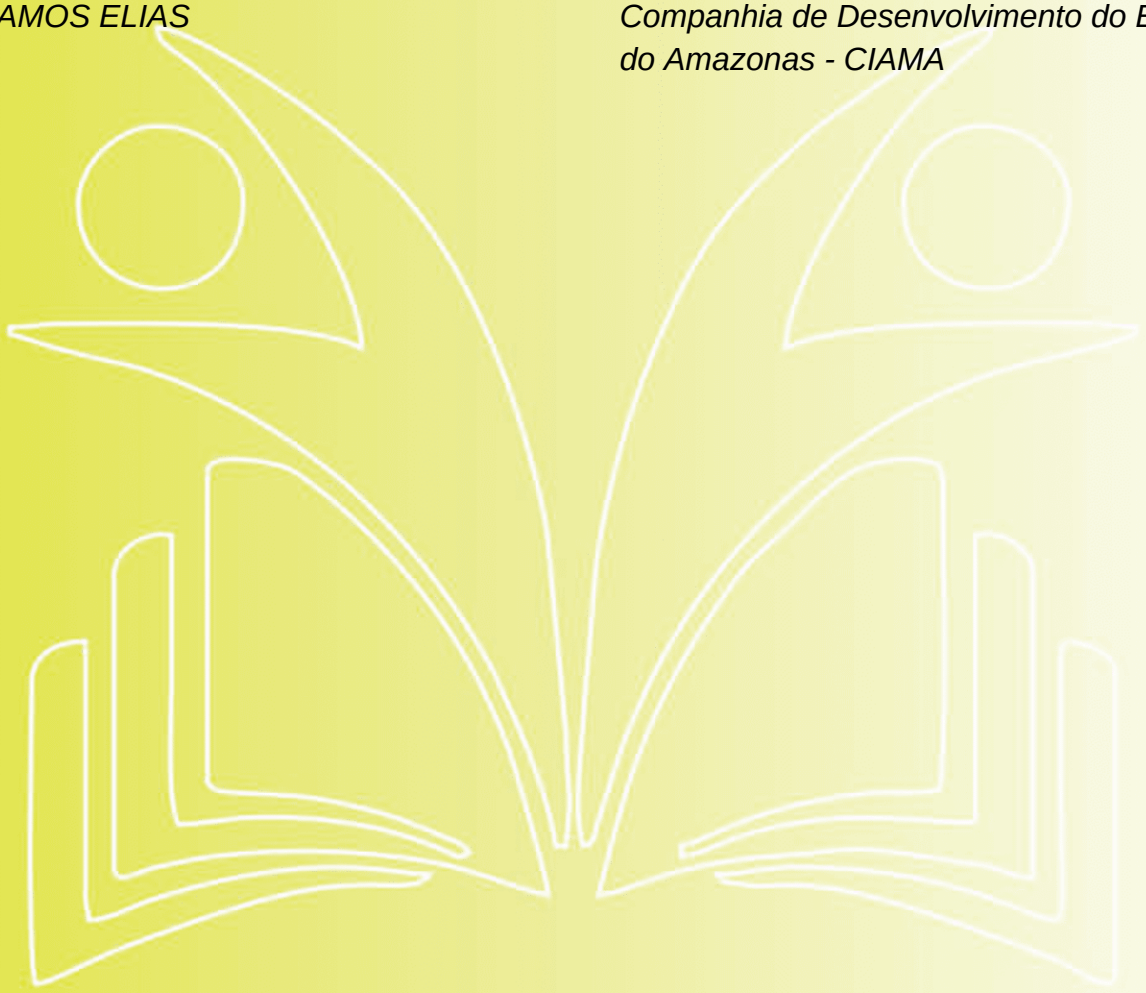
SENSIBILIZAÇÃO DO USO RACIONAL DA ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE ATALAIA DO NORTE, BENJAMIN CONSTANT E TABATINGA NO ESTADO DO AMAZONAS

JOSÉ FRANCISCO ALEIXO DA SILVA

Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas - CIAMA

SÉRGIO RAMOS ELIAS

Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas - CIAMA



Resumo: O Governo do Estado do Amazonas, a partir do ano 2000, iniciou processo de devolução dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário as prefeituras do interior do Estado, serviços que até então era cargo da Companhia de Saneamento do Amazonas – COSAMA. Porém algumas prefeituras relutaram em absorver estes serviços. Até o ano de 2019, 12 municípios dos 61 existentes no interior do Estado do Amazonas tinham os serviços de abastecimento de água sobre a responsabilidade do Estado. O presente trabalho apresenta de forma sintética, com relação à conscientização da população do uso racional da água nos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga no Estado do Amazonas que tiveram ampliação e melhorias dos seus Sistemas de Abastecimento de Água, convênio celebrado entre Governo Federal e Banco Mundial no período de 2011 a 2012.

Palavras-chave: conscientização, uso racional.

INTRODUÇÃO

No período de 2011 a 2012, teve início a campanha em educação ambiental na área de Saneamento, nos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga com realização de visitas aos domicílios, visando à aplicação do formulário de constatação da situação de abastecimento de água no domicílio, orientação sobre o uso racional da água, cobrança de tarifa pelo uso da água e realização da primeira leitura do hidrômetro.

A atividade de campo foi realizada juntamente com os agentes do projeto e contou com a participação de voluntários.

No período anteriormente citado desenvolveu-se um projeto de conscientização da população do uso racional da água nos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga no Estado do Amazonas, uma vez que tiveram ampliação e melhorias dos seus Sistemas de Abastecimento de Água, convênio celebrado entre Governo Federal e Banco Mundial.

OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta de forma sintética, “Campanha de Sensibilização em Educação Ambiental”, com ações ambientais educativas para evitar o desperdício da água e o mau uso do sistema, tendo como público-alvo os representantes de bairro, associações, conselho municipal, agentes de saúde, defesa civil, líderes religiosos e professores visando à formação de um grupo de agentes voluntários “Amigos da Água” para apoiar a divulgação das ações de saneamento junto à população visando à sustentabilidade dos Sistemas de Abastecimento de Água nos municípios de Atalaia do Norte, Benjamin Constant e Tabatinga no Estado do Amazonas referente aos trabalhos de ampliação e melhorias realizados pelo Banco Mundial, PRODERAM, CIAMA e SEPLAN, no período de 2011 a 2012.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o novo Sistema de Abastecimento de Água;
- Mobilizar e sensibilizar a população para a formação de agentes sociais “Amigos da Água”;
- Animar a ação dos agentes sociais como multiplicadores em educação ambiental;
- Apoiar a atuação dos agentes sociais que iriam divulgar as ações em seus bairros.

METODOLOGIA

Para cada município foi elaborado um roteiro de atividades envolvendo os seguintes aspectos:

Integração do grupo - as atividades de integração foram realizadas para aumentar a participação do grupo, motivar e estimular o potencial dos participantes, principalmente das pessoas mais tímidas que em plenário geralmente não falam.

Palestra: Existem diferentes níveis de informação sobre o sistema de abastecimento de água tratada. O objetivo da palestra foi nivelar no modo geral informações sobre o acesso a água potável, como estava o atual sistema de abastecimento de água do município e como iria funcionar com a implantação do novo sistema.

Trabalho em Grupo: Esta atividade visou melhorar a discussão, socializá-las e aperfeiçoá-las em plenária. Buscou-se também, aumentar o nível de participação das pessoas e a sua responsabilização na busca de soluções para os desafios em questão.

Plenária: o debate foi fundamental para a socialização dos resultados, das tomadas de decisão e de se estabelecer a responsabilidade entre os participantes. O resultado deste processo foi a formação dos agentes com o compromisso de apoiar as ações que seriam realizadas durante a implantação do sistema de abastecimento de água tratada nos municípios.

Etapas do Programa

Elaboração do Programa da Oficina de Trabalho - Convite da Oficina as Associações dos Municípios envolvidos no Projeto –- Distribuição de crachás e camisas aos Colaboradores – Elaboração e distribuição de Cartazes de Procedimento para instalação do hidrômetro e ligação de água nos Municípios envolvidos no Projeto - Palestras de Conscientização nas Associações – Distribuição de Folder - Distribuição da “Cartilha das Águas” a População – Distribuição do “Caderno Metodológico” para Ações de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento a População – Banner do Projeto - Entrega de Certificados aos Colaboradores.

Etapas do Programa

Programa da Oficina Convite da Oficina Crachá do Colaborador Camisa do Colaborador



Cartaz Inst. Hidrômetro Palestras nas Associações Folder Cartilha das Águas



Caderno Metodológico Banner Certificado do Colaborador



No período de 17 a 24 de setembro de 2012, teve início a 4ª campanha em educação ambiental na área de Saneamento, no município de Atalaia do Norte com o objetivo de realizar visita técnica aos domicílios que possuem hidrômetro instalado, visando à aplicação do formulário de constatação da situação de abastecimento de água no domicílio, orientação sobre o uso racional da água, cobrança de tarifa pelo uso da água e realização da primeira leitura do hidrômetro.

A atividade de campo foi realizada juntamente com os agentes Amigos da Água e contou com a participação de 18 voluntários.

RESULTADOS OBTIDOS (ATALAIA DO NORTE)

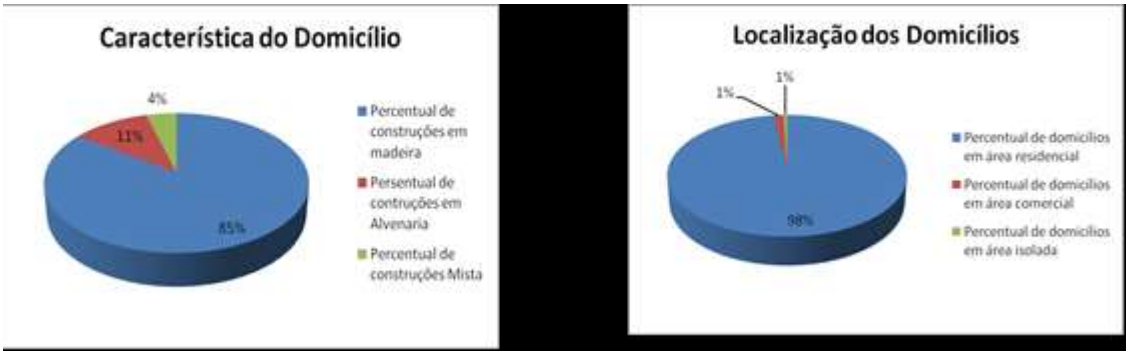
Como amostragem do trabalho realizado nos municípios envolvidos, que são partes do projeto, faz-se a apresentação dos resultados obtidos no município de Atalaia do Norte.

Visita técnica: Existem aproximadamente 1.000 domicílios com hidrômetro instalado na cidade de Atalaia do Norte. A campanha abrangeu 22 ruas, com a realização de visita técnica em 727 domicílios, dos quais 475 receberam orientações sobre o uso racional da água, informação sobre o valor da tarifa de serviço de abastecimento (R$ 15 até 10m³) e aplicação do formulário de constatação sobre o abastecimento de água no domicílio. E 252 domicílios estavam fechados possibilitando apenas a realização de leitura do hidrômetro. Em áreas de difícil acesso não foi possível à realização da atividade programada.

Durante a realização da visita técnica não houve manifestação de recusa da entrevista por parte do residente.



Características do domicílio: Dos 727 domicílios visitados há uma predominância de construções em madeira e localização em área residencial. Consideramos área residencial as ruas que apresentaram na sua maioria ocupações de moradia incluindo as áreas periféricas que abrangem parte da Rua Augusto Luzeiro (conhecida como Portelinha), Beco dos Acreanos, Beco 1º de Maio e Estrada Pedro Teixeira.



Identificação de residente: Dos 475 domicílios visitados há 2.403 residentes sendo, 801 crianças, 354 adolescentes e 1248 adultos com uma média de 5 a 7 habitantes por residência. Em residências com número de 10 a 15 pessoas são ocupadas por famílias indígenas da etnia Mayuruna, que geralmente abrigam outras famílias que estão de passagem pela cidade.



Características das instalações hidráulicas: Dos 475 domicílios foram identificados 339 com instalação de torneiras e 136 sem torneira. Nas residências sem torneira a água chega ao reservatório, seja do tipo caixa d'água, tanque ou balde por meio da tubulação aberta sem nenhum controle sobre a capacidade de abastecimento, causando desperdício e mau uso da água.

Há necessidade de realizar medidas de prevenção ao desperdício nos domicílios localizados na Estrada Pedro Teixeira, João Batista, Beco dos Acreanos, Beco Augusto Luzeiro (Portelinha) e Rua do Quixito. Nas ruas Antônio Souza Braga, Júlio Maurício e 31 de Maio também se observaram pontos de vazamento dificultando o acesso à água.



Características das instalações sanitárias: Dos 475 domicílios 105 possuem banheiros com instalações sanitárias e 370 não possuem instalações sanitárias em suas residências. Os domicílios ainda não estão preparados para receber o novo sistema de abastecimento de água e com isso processo de mudanças das instalações sanitárias adequadas à população ocorrerá em médio prazo. Desta forma, é mínimo o desperdício de água ocorrido pela falta de manutenção e reparos em instalações sanitárias uma vez que 78% dos domicílios visitados não possuem este tipo de estrutura.



Característica do Reservatório de água: Dos 475 domicílios, 75% possuem caixa d'água e se somados a outros tipos de reservatório totalizam 93% de domicílios com reservatório de água. 7% dos domicílios visitados não possuem nenhum tipo de reservatório e estão localizados no Beco Augusto Luzeiro (Portelinha) e Rua 1º de Março.

Há necessidade de monitoramento nessas ruas, em decorrência da necessidade de prevenção ao desperdício de água.



Abastecimento de água: Dos 475 domicílios, 28% recebem água a noite. Consideramos um indicador preocupante, tendo em vista que o horário de abastecimento é feito das 18h00min as 06h00minh da manhã principalmente nas áreas onde há domicílio sem reservatório de água e sem torneira instalada.

2% dos domicílios que não recebem água do sistema estão localizados no Beco dos Acreanos por trás da olaria e Rua Augusto Luzeiro.



Qualidade da água: Dos domicílios visitados 42% recebem água escura sem resíduo e 36% escura com resíduo totalizando 78% de abastecimento com água fora do padrão de qualidade.



Hidrômetro Instalado: Dos 727 domicílios visitados 5% possui hidrômetros que necessitam de reparos ou substituição. Nas áreas periféricas abrangendo as ruas 31 de Março e 1º de Maio os hidrômetros foram instalados longe das residências dificultando a localização do domicílio. No início da Ponte Marinho Alencar até a metade da ponte, onde estão localizadas moradias em palafitas existem alguns hidrômetros e várias tubulações instalados abaixo da ponte, área que no período da cheia fica completamente alagada. Não foi possível a leitura do hidrômetro nesta localidade.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para darmos seguimento a próxima etapa da atividade que visa à realização da 2ª leitura do hidrômetro e identificar os domicílios que estão usando água acima de 10m³, na qual receberá mais uma vez orientação quanto ao desperdício de água, apresentamos alguns desafios que precisam ser superados para garantir o êxito esperado nesta campanha de educação ambiental na área de saneamento:

- O sistema trabalha atualmente com 4 operadores. Por questões salariais nenhum destes funcionários que são pagos pela prefeitura querem assumir a atividade no horário da noite das 18h00min as 06h00minh. Desta forma, a cidade está sendo abastecida com água bruta. Isso explica o resultado negativo sobre a qualidade da água;
- A administração do sistema não dispõe de ferramenta e materiais hidráulicos para a realização de pequenos reparos de vazamentos em tubulações e hidrômetros. Isso também compromete a prevenção ao desperdício de água;
- Não há uma definição de escala de dia e hora para o abastecimento as ruas uma vez que o sistema não funciona 24 horas;
- As instalações de hidrômetros, principalmente no Beco 1º de Maio, foram feitas de forma irregular. Em vários pontos da cidade identificamos hidrômetros em baixo de ponte, embaixo da residência, dentro de bueiro e outros danificados.

Para que a população possa ser conscientizada sobre o desperdício de água é preciso que ela perceba as mudanças que estão sendo realizadas. E para isso o sistema de abastecimento de água necessita de estrutura para garantir a qualidade do serviço.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelos resultados aqui expostos verificou-se que a campanha abrangeu as ruas do município, com a realização de visita técnica aos domicílios constatando-se que dos domicílios visitados há uma

predominância de construções em madeira, material abundante na região, e, que nos domicílios visitados há predominância de adultos e crianças.

Com relação às instalações hidráulicas 29 % dos domicílios visitados não possuíam torneiras o que contribuem para o desperdício.

Com relação às instalações sanitárias 22 % não possuem banheiros com instalações sanitárias e 78 % dos domicílios visitados não possuíam instalações sanitárias em suas residências, contribuindo para a proliferação das doenças tropicais da região e contaminando o lençol freático e manancial da região.

Constatou-se que 93% dos domicílios visitados têm algum tipo de reservatório de água.

Quanto ao Sistema de Abastecimento de Água verificou-se que partes significativas, dos domicílios visitados, só recebiam água a noite e que 78% dos domicílios visitados recebiam água fora dos padrões de potabilidade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As informações e análises apresentadas no presente trabalho é uma amostragem da grave situação existente nos serviços de saneamento básico nos municípios do interior do estado do Amazonas.

Do ponto de vista da ação imediata, o presente trabalho aporta informações de grande utilidade para orientar a ação dos Governantes, nos níveis do Estado e dos Municípios, de forma a reverter a grave crise por que passa os serviços. Nesse sentido, ações urgentes precisam ser tomadas para assegurar um mínimo de qualidade aos serviços, sobretudo no que diz respeito à garantia de abastecimento e potabilidade da água distribuída. Além disso, no campo financeiro é preciso que os municípios assumam a cobrança pelos serviços prestados à população, sobretudo os de abastecimento de água, de forma contínua e organizada.

Assim, recomenda-se que os Governos do Estado e dos Municípios façam um planejamento conjunto para solucionar as deficiências apresentadas e continuidade dos serviços oferecidos a população

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Campanha de Sensibilização em Educação Ambiental- Saneamento – PRODERAM/AM*

2. *PMSS - Programa de Modernização do Setor Saneamento. Avaliação Técnico Operacional dos Serviços de Saneamento Ambiental nos Municípios do Interior do Estado do Amazonas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, Brasília/ DF (2004).*

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Capacitação dos Agentes Voluntários Amigos da Água





Início da 4ª Campanha em Educação Ambiental – Saneamento





Identificação de Domicílios Sem Torneira



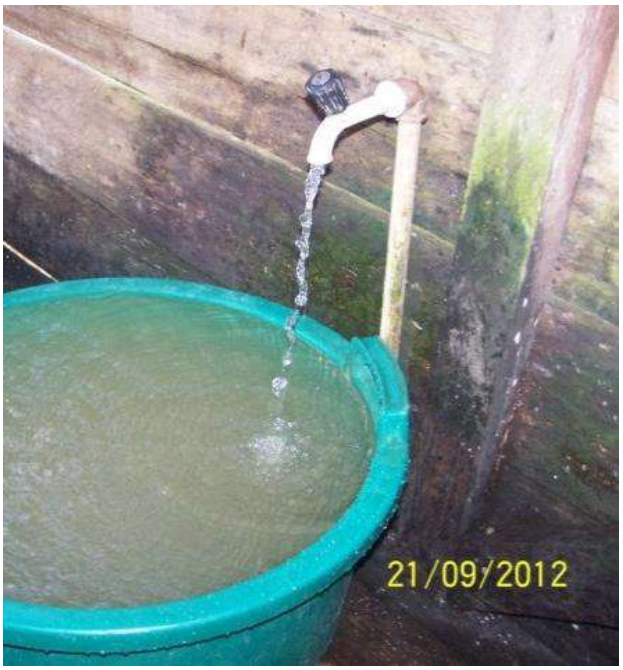






Identificação da Qualidade da Água





Instalações de Hidrômetros Irregulares









Identificação de Hidrômetros Danificados





Localização de Hidrômetros Irregulares









Pontos de Vazamento nas Ruas









Capítulo 17

10.37423/231008278

DESAFIOS OPERACIONAIS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DURANTE A PANDEMIA DO SARS-COV-2 NOS MUNICÍPIOS DE SALVADOR (BA) E REGIÃO METROPOLITANA

Jairo Lima Lameira Junior *Universidade Federal da Bahia*

Resumo: A atividade econômica brasileira foi atingida fortemente pela crise sanitária provocada pelo COVID-19 que se iniciou em 2020. O setor de saneamento, considerado chave no combate à pandemia, foi pressionado para redirecionar sua atenção, esforços e recursos para a demanda domiciliar, enquanto as atividades comerciais e públicas reduziram o consumo em razão do fechamento e retorno gradativo das atividades. As incertezas associadas às possíveis rotas de transmissão do novo coronavírus (SARS-CoV-2), especialmente durante os primeiros meses da pandemia no ano de 2020, trouxeram preocupação aos gestores do setor de esgotamento sanitário, em escala mundial, em relação à efetiva proteção dos trabalhadores envolvidos em atividades que implicam no contato direto ou indireto com esgoto. Diante da necessidade de se manter os sistemas de esgotamento em plena carga, segundo orientação da OMS, a EMBASA manteve a operação ininterrupta dos sistemas que atendem a 366 dos 417 municípios baianos.

Desta forma, o presente trabalho vem relatar um estudo cujo objetivo é apresentar a experiência operacional de um setor da EMBASA responsável pela operação de diversas ETE diante das limitações consequentes da pandemia do SARS-COV-2.

Após as análises dos resultados obtidos, foi possível concluir que as adaptações da rotina operacional, ensejadas pela pandemia do Covid-19 nas ETE avaliadas, foram suficientes para manter o regime operacional dos sistemas sem prejuízo de sua eficiência de tratamento, considerando o cenário de emergência e crise.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgoto, Boas Práticas Operacionais, COVID-19, Coronavírus, Rotina Operacional, Pandemia.

INTRODUÇÃO

No dia 25 de fevereiro de 2020 foi noticiado no Brasil o primeiro paciente com sintomas (posteriormente confirmado positivamente) para o novo coronavírus (SARS-CoV-2), causador da doença denominada COVID-19 (síndrome respiratória aguda) e da Pandemia Global que desde dezembro 2019 vem causando muitas mortes em todo o mundo (CHERNICHARO et al., 2020).

A atividade econômica brasileira foi atingida fortemente pela crise sanitária provocada pelo COVID-19. O setor de saneamento, considerado chave no combate à pandemia, foi pressionado para redirecionar sua atenção, esforços e recursos para a demanda domiciliar, enquanto as atividades comerciais e públicas reduziram o consumo em razão do fechamento e retorno gradativo das atividades. A parcela mais carente da população, notadamente as beneficiárias da categoria social, foi amparada por subsídios governamentais e/ou pela não suspensão dos serviços prestados em decorrência de inadimplência ou de outras ações de cobrança (EMBASA, 2021).

As incertezas associadas às possíveis rotas de transmissão do novo coronavírus (SARS-CoV-2), especialmente durante os primeiros meses da pandemia no ano de 2020, trouxeram preocupação aos gestores do setor de esgotamento sanitário, em escala mundial, em relação à efetiva proteção dos trabalhadores envolvidos em atividades que implicam no contato direto ou indireto com esgoto (BRASIL, 2020).

Todavia, as orientações sanitárias para combate da pandemia publicadas pela OMS (Organização Mundial da Saúde) indicavam a necessidade de se manter em plena carga operacional os sistemas de água e esgoto, considerando sua relevância para a prevenção e proteção da saúde humana durante surto de doenças como a causada pelo COVID – 19 (WHO, 2020). Neste sentido, a EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) manteve a operação ininterrupta dos sistemas que atendem a 366 dos 417 municípios baianos.

É neste cenário que se insere o presente trabalho, cujo objetivo é apresentar a experiência operacional de um setor da EMBASA responsável pela operação de diversas ETE diante das limitações consequentes da pandemia do SARS-COV-2.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os sistemas de esgotamento sanitário operados pela Embasa em Salvador e região metropolitana são compostos por dois tipos: sistema principal e sistemas descentralizados. O primeiro tem como solução técnica a coleta, o transporte, tratamento e a disposição dos efluentes em corpos hídricos. No caso de

Salvador, dois emissários submarinos dispersam os efluentes no oceano, em distância e profundidades seguras.

Os sistemas descentralizados, objetos deste estudo, são compostos por estações de tratamento que atendem conjuntos habitacionais em locais que ainda não foram contemplados com o sistema principal.

Os dados utilizados no presente estudo são referentes à rotina das equipes atuantes na operação e manutenção de 138 ETE em sistemas descentralizados operadas pela Embasa nos municípios de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho no ano de 2020.

Este trabalho foi realizado com base em metodologia descritiva que utilizou documentos institucionais, relatórios governamentais e entrevistas como fontes para obtenção de dados.

RESULTADOS OBTIDOS

Em 16 de março de 2020 foi publicado o primeiro protocolo corporativo apresentando medidas para contenção da propagação do Covid-19 na empresa. O documento trouxe orientações sobre a suspensão de eventos como treinamentos, visitas técnicas e demais atividades que geram aglomerações, além de procedimentos relacionados ao afastamento de colaboradores que apresentam sintomas ou viajaram a regiões de transmissão comunitária do vírus, entre outras orientações.

Podem ser destacadas as seguintes ações corporativas voltadas para o enfrentamento da crise desencadeada pela pandemia:

- Criação do Comitê de Gestão de Emergência e Crise;
- Criação de Comitê para Aquisição Emergencial de Bens e Serviços;
- Plano de Contingência – Covid-19;
- Plano de Comunicação – Covid-19;
- Protocolos de contingência para: Gestão de pessoas, Relacionamento com usuários, Operação e manutenção de sistemas, Suprimento de energia elétrica, Laboratórios e controle da qualidade, Orçamento de custeio e de investimento;
- Rotinas diárias, semanais e mensais de acompanhamento e controle;
- Ações de alinhamento e benchmarking junto a outros órgãos e empresas de saneamento via Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (Aesbe);
- Plano de retomada, em alinhamento com diretrizes e normativos emitidos pelo Governo do Estado, com fluxo escalonado em três fases e critérios de evolução ou retrocesso definidos a partir do cenário externo e dos processos internos relacionados.

Com base nestas ações o setor de tratamento de esgoto passou a escalonar o regime de trabalho dos colaboradores visando o mínimo contato social, adotou ferramenta de videoconferência para reuniões e demanda de atividades, intensificou rotina de higienização das áreas e higiene pessoal, interditou áreas propícias a aglomeração como refeitórios e sala de reunião, além de ter revisado a necessidade EPIs e procedimentos de trabalho de acordo com as áreas de trabalho.

As equipes de campo foram escalonadas em horários diferentes para evitar contato nos momentos de entrada e saída da jornada de trabalho. Entretanto, a estratificação dos horários foi organizada de forma a manter as áreas cobertas sem prejuízo de atendimento as horas de operação dos sistemas. As lacunas nas áreas que sofreram redução de equipes foram preenchidas com trabalho executado em horas-extra, resultando em elevação do custo operacional.

Para os colaboradores que desenvolvem as atividades administrativas, o ambiente de trabalho foi reajustado para respeitar as medidas de distanciamento social estabelecidas em protocolo corporativo.

Em 2020, foram publicados 7 protocolos corporativos contendo orientações relacionadas às restrições trazidas pela pandemia.

O percentual de afastamento de colaboradores do setor que testaram positivo para o vírus Sars-CoV-2 foi de 3% ao longo do ano de 2020. Não houve afastamento relacionado a acidentes de trabalho neste período.

Durante o período estudado, não foram observadas interrupções no regime de funcionamento das 138 estações de tratamento de esgoto operadas nos municípios de Lauro de Freitas, Salvador e Simões Filho relacionadas às alterações no regime de escalonamento das equipes.

Por outro lado, a aquisição de materiais não estocáveis e a continuidade das obras de reparo foram comprometidas durante quase todo o ano de 2020 em função dos efeitos da pandemia como aumento considerável do valor de insumos e comprometimento da capacidade de atendimento dos prestadores de serviço.

Não foi registrado afastamento de colaborador na equipe que opera a estação de tratamento de esgoto do Instituto Couto Maia, hospital especializado em infectologia que atendeu exclusivamente pacientes diagnosticados com Covid-19.

Os quantitativos de análises laboratoriais para monitoramento de eficiência de tratamento realizadas nos anos de 2019 e 2020 não apresentaram diferença significativa entre si. Em 2019 foram executadas 2769 análises e em 2020 o total foi de 2794.

Em novembro de 2020 houve substituição de prestadora de serviço do contrato de manutenção das ETE de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho, cuja natureza é continuada.

Os resultados do indicador corporativo que avalia o Índice de Qualidade do Esgoto tratado (IQE) mantiveram-se dentro da média comparados aos resultados registrados no período pré-pandemia. O IQE médio de 2020 foi 97,98% e o de 2019 foi 97,67%.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ano de 2020 foi bastante desafiador na prestação dos serviços de esgotamento, devido à pandemia do COVID - 19. Exigiu-se reorganização repentina dos processos de gestão, mudanças nos regimes de trabalho, implementação de protocolos e de medidas de proteção contra contaminação dos trabalhadores, além da adoção de ações de caráter emergencial de enfrentamento da escassez e/ou alta de preços de produtos, equipamentos e da indisponibilidade de mão-de-obra (EMBASA, 2021).

À medida que a pandemia de Covid-19 ganhava escala global e a higienização com uso de água potável constituía-se como um dos principais métodos de prevenção, os serviços prestados pela Embasa e a sua contribuição para a saúde pública e salubridade ambiental faziam-se ainda mais essenciais. Foi necessário reavaliar as prioridades estratégicas e implementar ações com a finalidade de reduzir o impacto da pandemia na organização, nos trabalhadores, fornecedores, clientes e público em geral. (Embasa, 2021).

A definição de medidas protocolares corporativas mostrou-se efetiva na área operacional analisada considerando-se o reduzido número de afastamento de colaboradores em função de contaminação com Covid-19, ainda no período em que não estavam sendo realizados testes para detecção do vírus.

Além disso, para promover a qualidade de vida dos empregados e atender requisitos legais, a Embasa manteve ações de saúde e segurança, realizadas pelo Programa de Prevenção a Riscos Ambientais (PPRA) e pelo Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), que são atualizados anualmente, respeitando-se a Política de Saúde e Segurança no Trabalho (EMBASA, 2021).

O estabelecimento de regime de trabalho diferenciado apresentou-se como uma solução efetiva para manutenção da continuidade na operação do sistema, mesmo diante da necessidade de redução de

equipes nos períodos iniciais e finais da jornada de trabalho. Com a redução das ações de reparo e conservação das unidades, a mão-de-obra foi direcionada para a operação dos sistemas.

A ausência de casos de Covid-19 na equipe que opera a ETE do Hospital Couto Maia corrobora os estudos que afirmam não haver evidências de contaminação por Covid-19 através de contato com o esgoto, ainda que o material genético deste vírus tenha sido identificado em amostras de efluentes em todo o mundo (BRASIL, 2020). Cabe ressaltar que a principal via de transmissão da Covid-19 é pelo contato direto ou indireto com pessoas infectadas, por meio de secreções como a saliva ou gotículas respiratórias, que são expelidas quando a pessoa tosse, espirra ou fala (WHO, 2021).

Com as restrições impostas pelos protocolos de enfrentamento à pandemia de Covid-19, as estratégias de monitoramento da qualidade dos efluentes buscaram sua otimização, por meio da análise sobre o histórico de resultados para priorização dos sistemas críticos, e a concentração de esforços na realização de análises essenciais à verificação da qualidade e eficiência no tratamento de esgoto, quando não se conhecia a possibilidade de transmissão de Covid-19 via efluentes (EMBASA,2021).

As alterações na rotina operacional adotadas pelo setor de tratamento de esgoto, amparadas nos protocolos corporativos, demonstram não afetar a média do índice que reflete a eficiência das ETE no ano de 2020, quando comparada aos resultados do ano de 2019, ainda que tenham elevado o custo operacional do setor.

A tendência decrescente da curva do IQE apresentada em novembro e dezembro de 2020 pode estar relacionada tanto ao período de adaptação da prestadora de serviço de manutenção que era recém-contratada à época quanto ao reflexo da maior demanda pelos sistemas de água e esgoto ocasionados pelo isolamento social.

CONCLUSÕES

As adaptações da rotina operacional ensejadas pela pandemia do Covid-19 nas ETE avaliadas neste trabalho foram suficientes para manter o regime operacional dos sistemas sem prejuízo de sua eficiência de tratamento, considerando o cenário de emergência e crise.

O teste laboratorial que detecta a presença do vírus SARS-CoV-1 somente começou a ser realizado no mês de junho de 2020, o que pode ter influenciado o número baixo de afastamentos dos trabalhadores por motivo de doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas. Segurança e proteção individual em operações que envolvam a coleta e o manuseio de amostras de esgoto. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/acontece-na-ana/monitoramento-covid-esgotos/boletins-monitoramento-covid-esgotos/protocolo-seguranca-monitoramento-covid-esgotos.pdf

2. Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos et al. Monitoramento do esgoto como ferramenta de vigilância epidemiológica para controle da COVID-19: estudo de caso na cidade de Belo Horizonte. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2021, v. 26, n. 4. Epub 11 Out 2021. ISSN 1809-4457. https://doi.org/10.1590/S1413-415220200243.

3. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. Relatório da Administração, de Sustentabilidade e Demonstrações Financeiras, Ano Base - 2020. 2021.

4. World Health Organization (WHO). Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19 https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-WASH-2020.4

5. World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (Covid-19): Environmental Surveillance. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-andanswers-hub/q-a-detail/environmental-surveillance.

Capítulo 18

10.37423/231008284

SISTEMA INTEGRADO DE SANEAMENTO RURAL (SISAR) EM QUILOMBOS DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ELDORADO - VALE DO RIBEIRA - SP

Francisca Adalgisa da Silva — *Universidade Federal do ABC*

Eliana Irie Kitahara — *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*

Telma Nery — *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo- Sabesp*

Fátima Valéria de Carvalho — *Associação dos Profissionais Universitários da Sabesp- APU*

Vania Lucia Rodrigues — *Universidade Federal do ABC*

Resumo: Saneamento básico em áreas isoladas (ribeirinhas, quilombolas, indígenas e rurais) tem sido negligenciado pelas políticas públicas em todo o território brasileiro. Com a atualização do Marco Legal do Saneamento em 2020, este assunto entrou na pauta de atenção do meio técnico porque a nova Lei incluiu todos os territórios no computo do índice de atendimento, e não somente as áreas atendíveis como estava sendo feito até então nos Contratos de Programa. No entanto, existem ações pontuais sendo desenvolvidas em algumas localidades, tanto no abastecimento de água quanto no esgotamento sanitário, principalmente no fornecimento de poços semiartesianos e fossas sépticas. Observa-se que com o passar do tempo tais estruturas se tornam inservíveis, principalmente por falta de operação e manutenção, e de pessoas habilitadas para resolver pequenos reparos. Por conta deste aspecto, o G9 e seus parceiros estão trabalhando para desenvolver projeto piloto de implantação de gestão compartilhada de saneamento básico em cinco comunidades quilombolas de Eldorado-SP. Este trabalho relata as etapas iniciais do Projeto, com ênfase no resultado positivo das parcerias realizadas.

Palavras-chave: Gestão Compartilhada; Saneamento em Áreas Isoladas; Quilombos.

INTRODUÇÃO

A Estância Turística de Eldorado é o quarto maior município do Estado de São Paulo, com área de 171.200 ha, sendo 70% coberta por Mata Atlântica, ocupada por Unidades de Conservação como os Parques Estaduais do Jacupiranga e Intervale. O município está localizado ao sul do Estado, no Vale do Ribeira, que é reconhecido pela UNESCO como Patrimônio Natural da Humanidade desde fevereiro de 1993 (PM_ELDORADO,2022).

Eldorado mantêm comunidades quilombolas residindo nas áreas rurais do município. Dentre os atrativos turísticos monitorados por moradores dos quilombos destacamos o Circuito Quilombola, Caverna do Diabo, Cachoeira Queda do Meu Deus, Mirante do Cruzeiro, Trilha do Lamarca, Parque Salto da Usina e Cachoeira do Sapatu.

Em que pese ser o saneamento um dos pilares que sustentam a infraestrutura das melhores cidades turísticas do mundo, as comunidades quilombolas de Eldorado não têm água tratada nem coleta e tratamento de esgotos estruturados. Algumas comunidades quilombolas estão recebendo estrutura de saneamento básico (água e esgoto e também resíduos sólidos) e são objeto de estudo piloto para implantação de gestão compartilhada com referência no Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR, modelo exitoso implantado no Ceará (ROCHA, 2023).

O G9 é um Grupo de nove mulheres especialistas em saneamento, que tem como principal propósito atuar tecnicamente observando a legislação vigente, contribuindo para ampliação da universalização do saneamento.

Em 2021 o G9, em parceria com a Prefeitura Municipal da Estância Turística de Eldorado, iniciou o estudo de projeto piloto para implantação de saneamento em cinco comunidades quilombolas, que, na época estavam recebendo o sistema de abastecimento de água executado pela Prefeitura. O trabalho adquiriu volume, agregou parceiros, e hoje está em fase de implantação de solução de esgotamento sanitário. As obras de abastecimento estão praticamente concluídas e a solução para esgotamento sanitário adotado no modelo de Unidades Sanitárias Individuais foram licitadas, com previsão de implantação no primeiro semestre de 2023, para quatro dos cinco quilombos (São Pedro, Galvão, Pedro Cubas e Poça). A comunidade André Lopes possui um setor do território com formação de aglomerado urbano e por esta razão está em fase de definição técnica do processo de tratamento de esgotos.

Este artigo visa relatar o caminho percorrido para viabilizar a implantação de melhorias no abastecimento de água e de soluções de coleta e tratamento de esgotos nas comunidades quilombolas São Pedro, Poça, André Lopes, Galvão e Pedro Cubas, para, posteriormente desenvolver um modelo de gestão.

OBJETIVOS

1. Descrever as parcerias realizadas neste primeiro ciclo de trabalho do G9: Prefeitura, CSan, UFABC, ITESP, entre outras.
2. Descrever as comunidades quilombolas inseridas no Projeto Piloto do G9 e a respectiva situação do abastecimento de água;
3. Relatar o evento Mutirão USIs – Eldorado para levantamento de dados de diagnóstico dos domicílios.
4. Analisar a participação, interação entre o Município, G9, moradores das comunidades quilombolas, universidade, voluntários da operadora de saneamento, instituições que atuam na área dos quilombos , entre elas, a ITESP, Fundação Florestal FF, CATI, CBH-RB , EAACONE,
5. Atuar em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis ODS: 03-Saúde e Bem-estar; 04-Educação de Qualidade; 06-Água Potável e Saneamento; ODS 8–Trabalho decente e crescimento econômico, ODS 12–Consumo e Produção responsável e ODS 14-Vida na Água.
6. Fomentar a Política Nacional de Turismo e o avanço da Agenda 2030.
7. Estudar modelos de gestão compartilhada do saneamento para comunidades quilombolas, seguindo o Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse projeto piloto pode ser classificado como estudo de caso, pois pretende envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que vivem nos quilombos e análise e proposição e implantação de soluções práticas para os problemas identificados de saneamento, vividos pela população, e de possíveis soluções para atendimento dos moradores nas áreas objeto de atuação. Envolve revisão das políticas públicas à luz do direito sanitário nos aspectos sociais, ambientais e planejamento urbano, considerando as inter-relações meio ambiente, saúde, gestão territorial e cidadania e das atuais

práticas de gestão e equacionamento das falhas de mercado no saneamento para a universalização em áreas de vulnerabilidade.

A metodologia aplicada foi baseada no Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas (EAACONE, 2020) e analisou as decisões tomadas no atendimento com infraestrutura básica de saneamento das populações residentes nos quilombos, considerando a motivação (porque), a implementação (como) e o resultado (qual deveria ser).

A fase do projeto que se pretende relatar neste artigo é essencialmente a realização de um diagnóstico participativo em tempo recorde com o objetivo de identificar estratégias para a promoção da universalização do atendimento às populações mais vulneráveis na área dos quilombos.

Destaca-se a realização de atividades em parcerias, organizadas pelo G9 e Departamento de Meio Ambiente Agricultura da Prefeitura da Estância Turística de Eldorado, contando com a participação de profissionais da UFABC (Universidade Federal do ABC), EAACONE (Equipe de Articulação e Assessoria às Comunidades Negras de São Paulo e Paraná), SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), ITESP (Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo), FF (Fundação Florestal) e moradores dos quilombos de São Pedro, Galvão, Poça e André Lopes.

ÁREA DO PROJETO

A Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape possui 29 territórios quilombolas com reconhecimento pelo Estado de São Paulo, sendo a maioria localizada em zonas de amortecimento de Unidades de Conservação e alguns sobrepostos a Unidades de Conservação de Uso Sustentável, como a RDS Quilombos de Barra do Turvo e a APA dos Quilombos do Médio Ribeira. Estes territórios perfazem, em conjunto com as Unidades de Conservação, o segundo e mais importante corredor ecológico de Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Este corredor interliga o Alto e Médio Vale do Ribeira (região serrana), onde estão situados os Parques Estaduais de Jurupari, Intervales, Carlos Botelho, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), Parque Estadual Caverna do Diabo e a Estação Ecológica de Xitué, com o Baixo Vale do Ribeira (Planície Sedimentar e Litorânea), onde estão localizados o Mosaico do Jacupiranga e o Parque Estadual da Ilha do Cardoso. (CBH-RB, 2022).

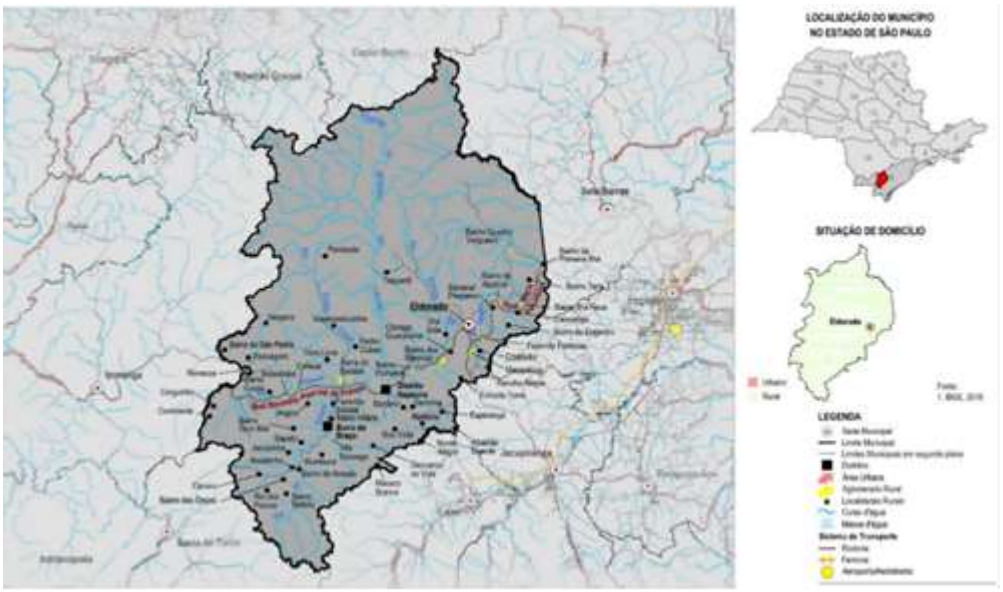


Figura 1:localização de Eldorado no Estado de São Paulo

Fonte: Plano Municipal de Revisão/Atualização de SAA e SES – (SIMA,2021)

Eldorado limita-se com os municípios de Sete Barras, Ribeirão Grande, Guapiara, Iporanga, Barra do Turvo, Cajati, Jacupiranga e Registro (Figura 1). Pertence à Região Administrativa e Região de Governo de Registro e encontra-se nas coordenadas 23º 47’ 17” S e 54º 16’ 58” W. Segundo a projeção SEADE para 2022, a população total do Município de Eldorado totaliza 15.427 habitantes, atingindo densidade demográfica de 9,3 hab./Km² (SEADE, 2022). Segundo Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, o IDH do município de Eldorado -SP é 0,691 (IBGE,2022).

O projeto piloto do G9 está sendo desenvolvido em 05 (cinco) comunidades quilombolas do município da Estância Turística de Eldorado, destacadas na Figura 2 em vermelho: Pedro Cubas, São Pedro, André Lopes, Galvão e Poça.



Figura 2 – Comunidades Quilombolas do Projeto Piloto

Fonte: autoria própria com dados do Google Earth

A Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) garante às comunidades quilombolas o direito de serem consultados de maneira livre, prévia e informada sempre que possa existir uma intervenção que afete os modos de vida. Estabelece ainda que a consulta deverá respeitar as formas de tomada de decisão e organização social.

Com base nestes direitos, a Equipe de Articulação e Assessoria às Comunidades Negras do Vale do Ribeira SP/PR (EAACONE) com a participação das lideranças de todos os quilombos da região, produziu e editou o "Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas Vale do Ribeira – SP". O documento contempla os seguintes itens:

> *Queremos ser consultados de maneira livre, prévia e informada. Queremos ser respeitados dentro de* nossas *especificidades culturais, queremos ser consultados com antecedência quanto a medidas ou atos administrativos, legislativos, bem como empreendimentos que venham afetar direta ou indiretamente os nossos territórios, sejam elas na esfera municipal, estadual ou federal (EAACONE, 2022).*

O G9 considera o Protocolo de Consulta Previa para todas as atividades desenvolvidas no Projeto Piloto.

PROGRAMA ÁGUA É VIDA

Em 2011, o Governo do Estado de São Paulo instituiu, junto à Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, o Programa Estadual Água é Vida para localidades de pequeno porte predominantemente

ocupadas por população de baixa renda, com recursos estaduais não reembolsáveis, destinados à execução de obras e serviços de infraestrutura, instalações operacionais e equipamentos visando à universalização do acesso aos serviços públicos de saneamento básico (SÃO PAULO, 2011). As ações inerentes ao Programa serão executadas mediante a celebração de convênios com Municípios paulistas que atendam às condições específicas do Programa Estadual Água é Vida, estabelecidas por resolução da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, onde estão definidos os requisitos necessários à transferência dos recursos financeiros estaduais não reembolsáveis pelos Municípios.

Dentre as condicionantes técnicas do Programa, consta a definição da instalação da Unidade Sanitária Individual (USI) para esgotamento sanitário (Figura 3), mediante o fornecimento de dados cadastrais das residências e seus moradores através de formulário próprio.



Figura 3 – Unidade Sanitária Individual - USI

Fonte: São Paulo, 2021

ESTABELECIMENTO DE PARCERIAS

Para início dos estudos de gestão compartilhada, o G9 agendou reunião presencial com o atual Prefeito do Estância Turística de Eldorado, Sr. Prefeito Dinoel Pedroso Rocha, município que contempla 12 quilombos da região e estava em fase de instalação/operação do sistema de abastecimento de água das comunidades quilombolas André Lopes, Galvão, São Pedro, Poça e Pedro Cubas.

Com o apoio do Prefeito, G9 realizou apresentações em reuniões virtuais sequenciais desde abril de 2021 para os profissionais que direta e indiretamente atuam em quilombos: Superintendência da

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Fundação Florestal da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – Secretaria de Agricultura e Abastecimento (CATI), Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), Equipe de Articulação e Assessoria Jurídica às comunidades quilombolas de SP/PR (EAACONE), Comitê de Bacia Hidrográfica do Vale do Ribeira (CBH-RB), Coordenador do Programa Vale do Futuro, no Vale do Ribeira, Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), Coordenadoria de Saneamento do Estado de São Paulo (CSAN) e Coordenadoria de Energias Elétricas e Renováveis do Estado de São Paulo.

O G9 e o Município de Eldorado, em recente parceria e colaboração mútua, buscam juntos, alcançar o objetivo em melhorar a saúde e qualidade de vida da população residente em quilombos. Cientes que a Coordenadoria Estadual de Saneamento de São Paulo (CSAN) vinculada à Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) é responsável pelo Programa Água é Vida e pela concessão de verbas para sua implantação, em função do número de Unidades de Saneamento Individual (USIs) cadastradas, deram início as ações para efetivar objetivos do projeto piloto nas comunidades quilombolas de André Lopes, Galvão, Poça, São Pedro e Pedro Cubas, onde está sendo assentado o sistema de abastecimento de água pela Prefeitura sob convênio e recursos da FUNASA.

O G9, com vínculos e apoio da Associação de Profissionais de Saneamento da Sabesp (APU) estabeleceu parceria com a Universidade Federal do ABC (UFABC). No Plano de Trabalho previsto no Convênio, a UFABC irá elaborar o Relatório Técnico com a proposta de alternativas tecnológicas de baixo custo e alta eficiência. Prevê a valoração em cronograma físico/financeiro de projeto de esgotamento e tratamento de esgoto na comunidade quilombola André Lopes, atendendo as especificidades locais.

O G9 conta com o apoio da Superintendência da Unidade de Negócios Vale do Ribeira-RR da SABESP para a realização de monitoramento da qualidade da água dos cinco, Quilombos em 03 campanhas. No dia 02 de abril foi realizada a terceira coleta. Os resultados das análises serão muito importantes para as oficinas de sensibilização da população beneficiada por infraestruturas de saneamento.

REALIZAÇÃO DO MUTIRÃO

Para contribuir e apoiar a Prefeitura Municipal da Estância Turística de Eldorado a pleitear recursos previstos no Programa Água é Vida e implantar USIs na região do Vale do Ribeira, foi fundamental integrantes do G9 conhecer e analisar as especificidades dos quilombos (Galvão, São Pedro, Poça e

André Lopes). Nos dias 17 e 18 de março de 2022, funcionários do Departamento de Agricultura e Meio Ambiente de Eldorado, integrantes do G9 e professores da UFABC realizaram visita in loco para diagnóstico prévio das condições locais de 4 quilombos (Galvão, São Pedro, Poça e André Lopes).

Com a avaliação técnica e consideradas as condições favoráveis, foi dado início ao processo de planejamento, organização do "Mutirão Eldorado- USIs" realizado no período de 25 a 28 de março. O evento contou com o apoio e a participação de profissionais do G9, UFABC, EAACONE, grupo de voluntariado da Sabesp, ITESP, FF e moradores do Quilombo de São Pedro, Galvão, Poça e André Lopes - comunidades quilombolas a serem beneficiadas com o projeto piloto de Gestão compartilhada do Saneamento referência SISAR. A sequência de fotos da Figura 4 mostra as ações realizadas.

AÇÕES REALIZADAS:

- Reunião de alinhamento com representantes da PME, ITESP, EEACONE, SABESP, UFABC, G9, FF, empresa OS-SIG;
- Formação de Grupo no whatsapp: Mutirão Eldorado USIs;
- Elaboração checklist de atividades previstas/realizadas e responsabilidades. (acompanhadas durante as atividades);
- Kit entrevistador (formulário, lista de moradores, câmera fotográfica, GPS);
- Kit lanche;
- Elaboração de planilha de participantes para os dias 26, 27 e 28/03/22;
- Impressão de 500 Formulários de Cadastramento Sanitário Domiciliar – modelo CSAN;
- Reunião de planejamento presencial na sede do Departamento de Agricultura e Meio Ambiente de Eldorado, no dia que antecipou as ações em campo;
- Elaboração de Roteiro para o processo do cadastramento eficiente.

O Mutirão Eldorado-USIs foi uma experiência excepcional, com a participação, integração, interação entre o Município, universidade, operadora de saneamento, instituições que atuam na área dos quilombos (ITESP,FF), Sociedade civil, entidade não governamental e Grupo G9: num total de 30 pessoas, incluindo os participantes de apoio interno (23 participantes diretamente no levantamento /cadastro nos domicílios).

O Mutirão Eldorado-USIs cumpriu plenamente o objetivo de cadastrar no formulário da CSAN os domicílios dos quilombos objeto do projeto piloto do G9. Foram levantados os dados técnicos necessários. O trabalho foi muito mais além do aspecto operacional, levando a integração de um grupo de pessoas onde muitas delas, até então, não se conheciam pessoalmente. Ao término do terceiro dia de Mutirão encontra-se no sorriso estampado no rosto de todos os envolvidos, a alegria de partilhar

com os amigos o mesmo objetivo de levar saúde e melhoria na qualidade de vida para a população residente em comunidades quilombolas.

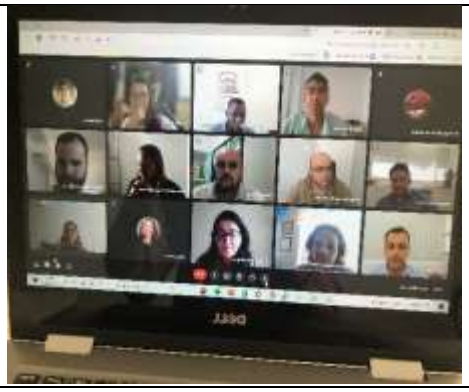
	
Reunião de alinhamento para Mutirão	Encontro na Sede da Diretoria da Agricultura e Meio Ambiente de Eldorado
	
Roteiro sendo elaborado no Quilombo S.Pedro	Travessia para cadastrar 03 domicílios em Poça
	
Fossa extravasando	Parte da equipe durante Mutirão

Figura 4 – Ações realizadas no Mutirão Eldorado USIs

Fonte: autoria própria

RESULTADOS OBTIDOS

O “Mutirão Eldorado-USI-Unidades de Saneamento Individual ”, focou a visita in loco e o cadastro dos domicílios do Projeto Piloto. A Tabela 1 mostra o número de domicílios cadastrados e o número de domicílios cujas USIs estão licitadas, evidenciando a progressão do trabalho em andamento

Tabela 1 – Resultado do trabalho do Mutirão

Quilombo	Formulários preenchidos	Número de USIs aprovadas pela CSAN
Poça	122	88
São Pedro	69	52
Galvão	66	20
Pedro Cubas	115 domicílios foram cadastrados por técnicos da PME, para próximo Convênio	
André Lopes	148	Em estudo o projeto da solução de saneamento pela UFABC

Fonte: autoria própria

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos trabalhos desenvolvidos até esta etapa, pode-se observar o que se segue:

- As Comunidades e a Prefeitura se mostraram abertas a realização de parcerias.
- A implantação da infraestrutura de saneamento irá contribuir para o incremento do turismo étnico e cultural, à semelhança do que acontece hoje no Quilombo Ivaporunduva.
- Existe a perspectiva de ampliação do escopo do Programa Água é Vida para financiar outras modalidades de esgotamento sanitário, além de USIs.
- A falta de cobrança pelo consumo de água nos sistemas de abastecimento implantados pelo município trará problemas econômico-financeiros para sustentabilidade da continuidade da sua operação e manutenção;
- A falta de gestão do saneamento para as comunidades quilombolas e rurais da Estância Turística de Eldorado inviabilizará que os sistemas implantados cheguem pelo menos à sua vida útil operacional projetada de 20 anos. Ocorrerá a falta de sustentabilidade econômica - financeira desses sistemas.
- Todo e qualquer novo levantamento de famílias a ser planejado, deve seguir o roteiro proposto. Nunca iniciar o cadastramento dos domicílios antes de todos os envolvidos se encontrarem na sede do quilombo, retirar os kits lanches e fichas previamente definidos das entrevistas e preenchimento de formulários.
- Sem o guia morador da área, o trabalho poderá ser tornar inadequado e inviável.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O setor de saneamento é um monopólio natural (redes físicas dedicadas) e tem por características a satisfação de necessidades básicas dos usuários, a universalização dos serviços e que demanda

atenção estratégica às populações de baixa renda residentes em comunidades tradicionais, adotando diversos caminhos e tecnologias que possam superar os atuais conflitos entre o direito fundamental de acesso a água e saneamento e a propriedade da terra ou da localização dessa população. As atuais políticas de saneamento preconizam a universalização do saneamento, todavia, não dá alternativas ou se posiciona com relação ao atendimento dessas populações. A lei fala das garantias, mas não proporciona condições efetivas para o atendimento das áreas rurais, comunidades tradicionais e indígenas. O atendimento dessas populações fica à mercê da capacidade de atendimento das prefeituras, que muitas vezes não possuem efetivos para implementação e gestão de sistemas sanitários, inviabilizando o atendimento, portanto, inviabilizando a universalização.

Como recomendação sugerimos que seja estruturado um Programa Estatual para atendimento das comunidades originárias, tradicionais e rurais, contemplando uma política intersetorial (habitação, saúde e saneamento), com participação social e a implementação de programas de gestão compartilhada, nos moldes do Programa SISAR, desenvolvidos nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí e em desenvolvimento pela Bahia, Ceará e Pernambuco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/eldorado/panorama , acesso em novembro de 2020.

2. CBH-RB. Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11. R Ano Base 2018. Registro, 2019. Disponível em https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-RB/17551/relatorio-de-situacao-2019-versao-final-27-09-19.pdf . Acesso em 21.dez.2022

3. EAACONE - Equipe de Articulação e Assessoria às Comunidades Negras do Vale do Ribeira SP/PR. Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas. Vale do Ribeira – SP. Novembro de 2020. Disponível em: http://observatorio.direitosocioambiental.org/wp-content/uploads/2021/04/Protocolo-de-Consulta-das-Comunidades-Quilombolas-do-Vale-do-Ribeira-SP.pdf. Acesso em: 21.dez.2022.

4. PM_ELDORADO – Prefeitura da Estância Turística de Eldorado. Site. Disponível em: https://www.eldorado.sp.gov.br/. Acesso em: 21.dez.2022.

5. Rocha, W.S. Estudo de caso do sistema integrado de saneamento rural (SISAR) no Brasil. Nota técnica do BID 589. Disponível em https://publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Estudo-de-caso-do-sistema-integrado-de-saneamento-rural-(SISAR)-no-Brasil.pdf . Acesso em 21.dez.2022.

6. Rocha, W.S.; Salvetti, M. Case Study—SISAR Ceará, Brazil. 2017. Disponível em http://sisar.org.br/wp-content/uploads/BibliotecaSisar/Artigos/119890-WP-PUBLIC-6p-P159188-21-9-2017-10-39-35-W.pdf. Acesso em: 21.dez.2022.

7. SÃO PAULO. Decreto nº 57.479, de 01 de novembro de 2011. Institui o Programa Estadual Água é Vida para localidades de pequeno porte predominantemente ocupadas por população de baixa renda, mediante utilização de recursos financeiros estaduais não reembolsáveis, destinados a obras e serviços de infraestrutura, instalações operacionais e equipamentos e dá providências correlatas. São Paulo: 2011. Disponível em https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2011/decreto-57479-01.11.2011.html. Acesso em: 21.dez.2022.

8. SÃO PAULO. Fundação SEADE. Disponível em https://www.seade.gov.br/. Acesso em 21.dez.2022

9. SÃO PAULO. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente - SIMA. CONSÓRCIO ENGECORPS-MAUBERTEC. Produto 2 (P2) – Plano Municipal de Revisão/Atualização de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário Município: Eldorado UGRHI 11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul. São Paulo, 2021

10. SISAR - Sistema Integrado de Saneamento Rural. Modelo de Gestão SISAR. Instituição Responsável: Confederação. Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR. Disponível em http://www.SISAR.org.br/wp-content/uploads/BibliotecaSISAR/Artigos/SFL-Modelo-de-Gest%C3%A3o-SISAR-final.pdf. Acesso em 15 abr.2021.

Capítulo 19

10.37423/231008285

SOLAR-DRIVEN SALINE WATER DESALINATION ANALYSIS OVER OPEN-CELL FOAM BED BASED ON DIRECT CONTACT MEMBRANE (DCM): NUMERICAL MODELLING

Renato da Silva Pereira — *Universidade de Pernambuco*

Jornandes Dias da Silva — *Universidade de Pernambuco*



Abstract: Fresh water scarcity is expected to be one of the major risks for society in the future, since the global water demand is constantly increasing at around 1% pace per year achieving a nearly 30% increase by 2050 due to population growth and industrial development. Seawater desalination is a sensible choice because seawater represents more than 96 % of the total global water. The world sustainability will be severely ensured by production of clear water and new energy sources that are intimately connected in the next decades. The membrane technology has become increasingly important in separation processes and its fields of applications have been amplified in engineering processes. The solar-driven evaporation process in medium porous can be promising choice to make salt water into freshwater from the use of Direct Contact Membrane (DCM). This work has as main aim the mathematical modelling to describe solar-driven seawater desalination process on the solid open-cell foams (β-SiC) using the DCM technology. The desalination system's variables describe the specific aims from each equation of the physical mathematical model for characterizing the performance of the heat and mass transfer from seawater evaporation process. This study investigates the evaporation characteristics of seawater when placed on the heated DCM system to check the efficiency of solar energy utilization in solar driven freshwater generation.

Keywords: Solar Energy, Membrane Technology, Saline Water, Evaporation, Numerical Model

1. INTRODUCTION

The world's sustainability capacity will be severely stressed by clean water and energy resources that are intimately linked in the next decades. Currently, scarcity of fresh water has become one of the most serious challenges for the global development. The industrialization's advance, the rapid increase of urbanization and the improvement in life standards have raised the freshwater demand. The solar-driven desalination technology is an efficiency way of producing freshwater from seawater using the Direct Contact Membrane (DCM) for producing high quality distilled water (Ali et al., 2018). DCM distillation is a hybrid thermal-membrane system that uses a steam pressure difference created by a temperature gradient across a hydrophobic membrane (Golubev et al., 2021). Different types of renewable energy can be used to the DCM distillation, such as solar thermal energy, solar photovoltaics, wind power, and geothermal energy as discussed in the comprehensive review paper (Kalogirou, 2005). For this work, the solar thermal energy will be used to heat the thermal-membrane desalination system.

Solar-driven evaporation technology in porous medium can be emerged as a promising and sustainable approach to convert seawater into freshwater using photothermal materials with high salt adsorption on porous solids (Ying et al., 2021). Solar-driven seawater evaporation assisted by photothermal packed beds is a novel strategy to improve solar distillation. Packed beds with high porosity are effective systems for heat and mass adsorption due of their simple structure, low cost, and good heat and mass transfer performance. Due to high porosity of solid open-cell foams (for example, β-SiC), packed beds built with β-SiC are excellent thermal energy adsorbers and can be used to improve the solar light-driven evaporation process (Voltolina et al., 2017). Mass, energy, and momentum balance's equations for fluid phase as well as mass, energy and momentum balance's equations to the solid phase are described through mathematical models (Rafiei et al., 2020). Here, the application of a heterogeneous mathematical model will be used to model the heat and mass transfer phenomena in DCM distillation system.

The present study shows a detailed mathematical model of the heat and mass transfer for solar-driven DCM distillation module. The main objective of this work is to corroborate the comparison of temperature profiles between the conventional DCM distillation module (without particles) and DCM distillation module (with particles). In addition, the permeation flux as a function of the steam temperature is also investigated.

2. PROBLEM DESCRIPTION

The schematic setup from Figure 1 shows a solar-driven DCM distillation module. In this setup, a solar collector and feed tank are coupled to the DCM distillation module through of a feed pump. In this figure, the first loop in the system is a closed loop of fluid that is heated by the solar collector, and it transports the thermal energy to the hot water tank. The hot water is circled from the hot water tank into the DCM distillation module and back to the hot water tank. The permeated amount from the freshwater tank is pumped into the DCM distillation module where it collects the distilled water and flows back into the freshwater tank. The inclusion of the solar collector and hot tank allows for dynamic energy storage that can be used to improve the DCM distillation module efficiency under real operating conditions. This work focuses only on the DCM distillation module's modelling due to paper length.

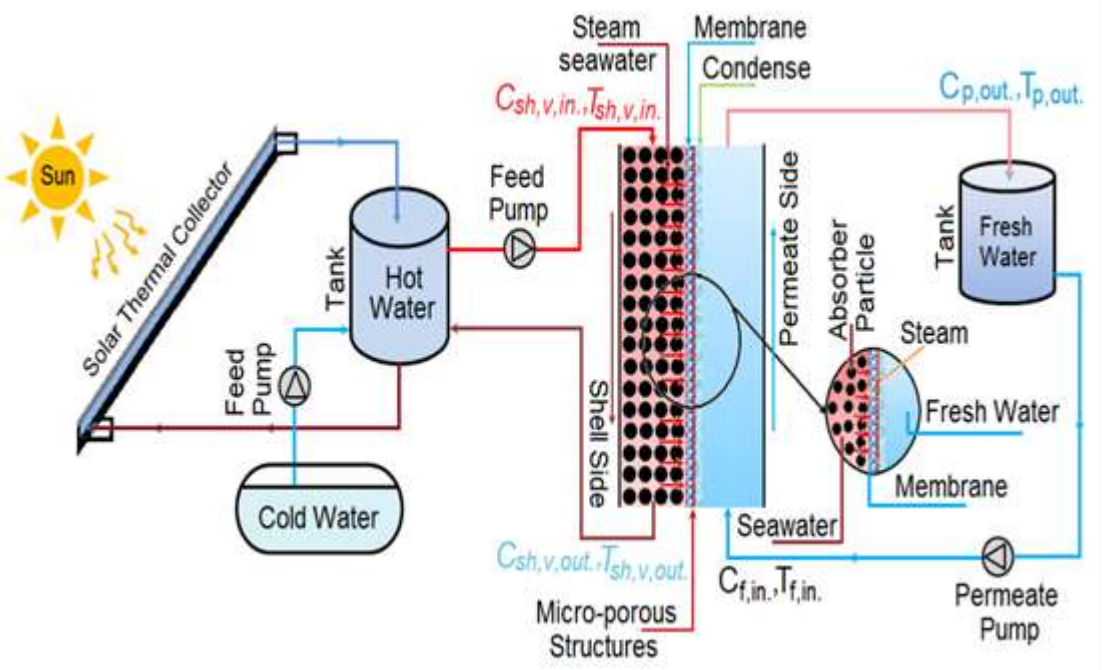


Figure 1. Schematic setup of a solar-driven DCM distillation module.

2.1. METHODOLOGY

The schematic setup from Figure 1 is built of solar thermal collector, hot water tank, feed pump, DCM distillation module, fresh water, and permeate pump, respectively. The methodology reported in this work consists of the following steps: (i) data collection, (ii) DCM distillation module modelling, (iii) shell side's model equations on the DCM distillation module, (iv) permeate side's model equations on the DCM distillation module, (v) numerical solution of model equations.

2.2. DATA COLLECTION

The measured climate data include the solar irradiance, the ambient temperature, and the wind velocity and they were measured for years of 2015 to 2020 in Recife metropolitan region of Pernambuco state. These data were collected for twelve months of each year. Here, authors have chosen only the 2020 year's data to be analyzed. As results, among the 2020 year, authors have selected the hottest months of this year and can be seen in Figure 2 as follows. This study is limited only to the solar radiation flux and has objective to check the solar radiation's effect on the temperature profiles of the DCM distillation module. The Average Solar Radiation Flux (ASRF) of each month has values of GASRF = 976,102 (February 2020), GASRF = 972,473 (August 2020), and GASRF = 837,439 (November 2020), respectively.

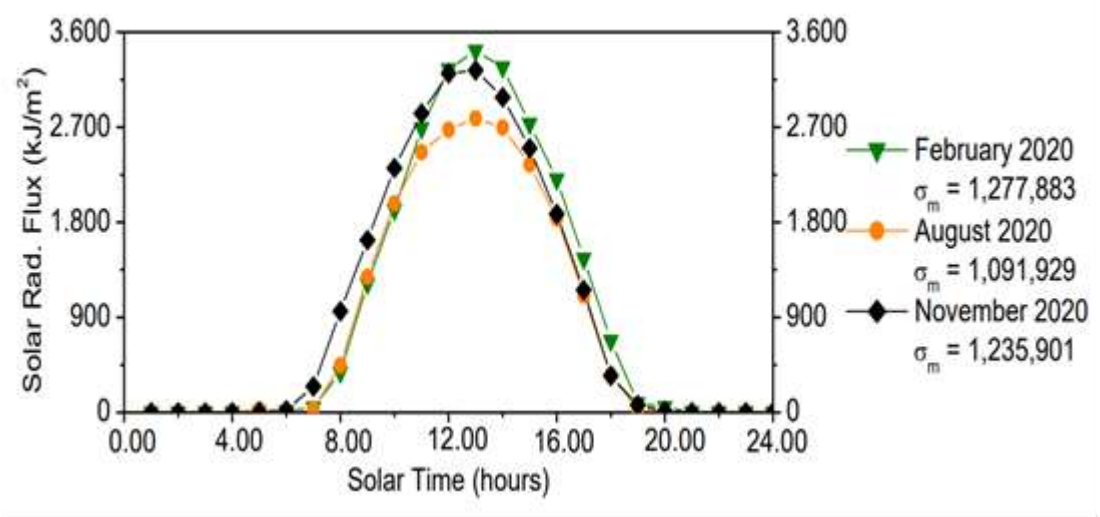


Figure 2. The experimental variations of the solar radiance.

2.3. DIRECT PROBLEM

A schematic setup has been used to develop the mathematical modelling and can be seen in Figure 3 below. This figure shows the detailed steps of a DCM distillation module. Up until now, some works were published on the DCM distillation process (Chen et al., 2021; Alia et al., 2019; Donato et al., 2020), but these works didn't provide theoretical leading to the DCM distillation module on the packed bed. The fluid-solid contact in the packed bed system improves the heat and mass transfer because of the interfacial surface's effect of solid particles. The use of mathematical models can be used to predict the heat and mass physical phenomena in the fluid-solid systems. Thus, it was developed a heterogeneous mathematical model that involves the DCM distillation module's heat and mass transfer equations as follows.

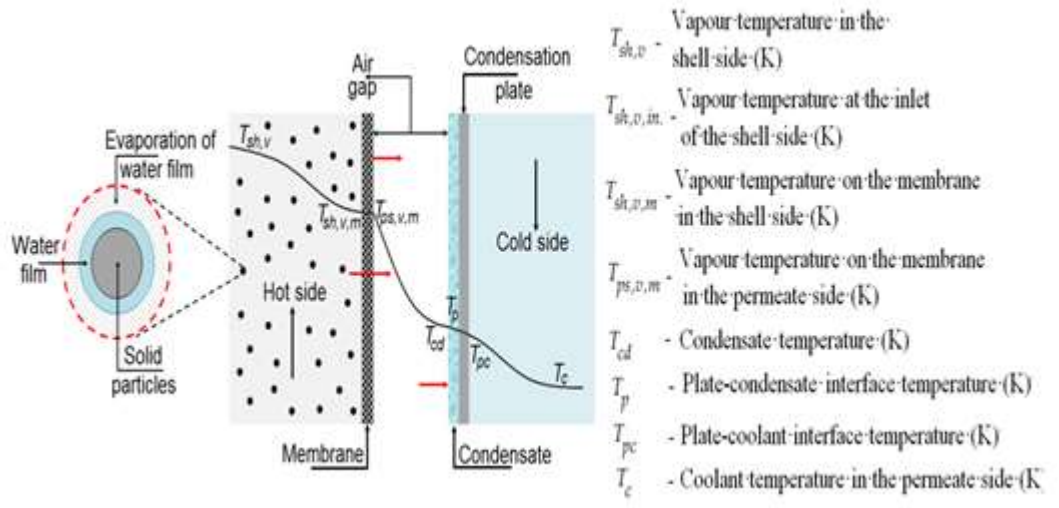


Figure 3. Temperature profile in a DCM distillation module.

2.3.1. HEAT TRANSFER IN THE SHELL SIDE

An energy balance equation is developed to describe the water steam's temperature on the DCM distillation module shell side. Thus, the governing energy balance of the water steam is built as follows.

– Energy equation for the water steam;

$$\varepsilon \rho_{sh,v} C_{p,sh,v} \frac{\partial T_{sh,v}}{\partial t} = \lambda_{r,eff,v} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}\left(r \frac{\partial T_{sh,v}}{\partial r} \right) - u_v \rho_{sh,v} C_{p,sh,v} \frac{\partial T_{sh,v}}{\partial z} - h_{vs} A_{is} \left[T_{sh,v} - \left(T_{sh,v,s}\Big|_{r_s = R_s} + \frac{T_{sh,v,m} + T_{ps,v,m}}{2} \right) \right] - \left[\frac{k_m}{\delta_w} \left(T_{sh,v,m} - T_{cd} \right) + J_w H_v \right] \quad (1)$$

– Initial and boundary conditions for Equation (1) are defined as;

$$T_{sh,v}\Big|_{t=0} = T_{sh,v,0} \quad (2)$$

$$T_{sh,v}\Big|_{z=0^+} = T_{sh,v,in.} \quad (3)$$

$$\frac{\partial T_{sh,v}}{\partial z}\Big|_{z=L} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial T_{sh,v}}{\partial r}\Big|_{r=R/2} = \frac{h_{vs}}{\lambda_{r,eff,v}} \left[T_{sh,v} - \left(T_{sh,v,s}\Big|_{r=R} + \frac{T_{sh,v,m} + T_{ps,v,m}}{2} \right) \right] \quad (5)$$

$$\frac{\partial T_{sh,v}}{\partial r}\Big|_{r=0} = 0 \quad (6)$$

On the other hand, an energy balance equation is also built up to report the water steam's temperature inside solid particles as follows.

– Energy equation for the water steam in the solid phase

$$(1-\varepsilon)\rho_{sh,s} C_{p,sh,s} \frac{\partial T_{sh,v,s}}{\partial t} = \lambda_{eff,s} \frac{1}{r_s^2} \frac{\partial}{\partial r_s} \left(r_s^2 \frac{\partial T_{sh,v,s}}{\partial r} \right) \quad (7)$$

– Initial and boundary conditions for Equation (7) are defined as;

$$\left. \frac{\partial T_{sh,v,s}}{\partial r_s} \right|_{r_s = R_s} = \frac{h_{vs}}{\lambda_{eff.,s}} \left(T_{sh,v} - T_{sh,v,s}\big|_{r_s = R_s} \right) \quad (9)$$

$$T_{sh,v,s}\big|_{t=0} = T_{sh,v,s,0} \quad (8)$$

$$\left. \frac{\partial T_{sh,v,s}}{\partial r_s} \right|_{r=0} = 0 \quad (10)$$

2.3.2. MASS TRANSFER IN THE SHELL SIDE

Mass balance equations are constructed to report the dissolved salt's (NaCl) concentration in fluid and solid phases on the DCM distillation module shell side as follows.

– Mass balance for NaCl in fluid phase on the shell side

$$\varepsilon \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial t} = D_{r,eff,NaCl} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial r} \right) - u_{NaCl,avg.} \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial z} - k_{NaCl,s} A_{is} \left(C_{sh,NaCl} - C_{sh,NaCl,s}\big|_{r_s = R_s} \right) \quad (11)$$

– Initial and boundary conditions for Equation (11) are defined as;

$$C_{sh,NaCl}\big|_{t=0} = C_{sh,NaCl,0} \quad (12)$$

$$C_{sh,NaCl}\big|_{z=0^+} = C_{sh,NaCl,in.} \quad (13)$$

$$\left. \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial z} \right|_{z=L} = 0 \quad (14)$$

$$\left. \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial r} \right|_{r=R/2} = \frac{k_{vs}}{D_{r,eff,NaCl}} \left(C_{sh,NaCl} - C_{sh,NaCl,s}\big|_{r=R} \right) \quad (15)$$

$$\left. \frac{\partial C_{sh,NaCl}}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (16)$$

A mass balance equation has been also developed to describe the dissolved salt's (NaCl) concentration inside solid phase as follows.

– Mass balance for NaCl in solid phase on the shell side;

$$(1-\varepsilon)\frac{\partial C_{sh,NaCl,s}}{\partial t} = D_{eff,NaCl,s}\frac{1}{r_s^2}\frac{\partial}{\partial r_s}\left(r_s^2\frac{\partial C_{sh,NaCl,s}}{\partial r_s}\right) \quad (17)$$

$$C_{sh,NaCl,s}\Big|_{t=0} = C_{sh,NaCl,s,0} \quad (18)$$

$$\frac{\partial C_{sh,NaCl,s}}{\partial r_s}\Big|_{r_s=R_s} = \frac{k_{vs}}{D_{eff,NaCl,s}}\left(C_{sh,NaCl} - C_{sh,NaCl,s}\Big|_{r_s=R_s}\right) \quad (19)$$

$$\frac{\partial C_{sh,NaCl,s}}{\partial r_s}\Big|_{r=0} = 0 \quad (20)$$

Mass balance equations are developed to describe the water steam's concentration on the DCM distillation module shell side. Mass balance equation for the water steam's concentration is shown as follows.

– Mass balance for water steam on the shell side

$$\varepsilon\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial t} = D_{r,eff,v}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial r}\right) - u_v\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial z} - k_{vs}A_{is}\left[C_{sh,v} - \left(C_{sh,v,s}\Big|_{r_s=R_s} + \frac{C_{sh,v,m}+C_{ps,v,m}}{2}\right)\right] \quad (21)$$

$$\frac{2\varepsilon P_t}{R_u\left|P_a\right|_{ln}}\frac{D_{w,a}}{\left(\delta_m\tau+b\right)\left(T_{sh,v,m}+T_{cd}\right)}\left(P_{sh,v,m}-P_{cd}\right)$$

– Initial and boundary conditions for Equation (21) are defined as;

$$C_{sh,v}\Big|_{t=0} = C_{sh,v,0} \quad (22)$$

$$C_{sh,v}\Big|_{z=0^+} = C_{sh,v,in.} \quad (23)$$

$$\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial z}\Big|_{z=L} = 0 \quad (24)$$

$$\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial r}\Big|_{r=R/2} = \frac{k_{vs}}{D_{r,eff,v}}\left[C_{sh,v} - \left(C_{sh,v,s}\Big|_{r_s=R_s} + \frac{C_{sh,v,m}+C_{ps,v,m}}{2}\right)\right] \quad (25)$$

$$\frac{\partial C_{sh,v}}{\partial r}\Big|_{r=0} = 0 \quad (26)$$

Moreover, a mass balance equation is also developed to describe the water vapour's concentration inside solid particles as follows.

– Mass equation for the water steam in the solid phase;

$$(1-\varepsilon)\frac{\partial C_{sh,v,s}}{\partial t} = D_{eff,v,s}\frac{1}{r_s^2}\frac{\partial}{\partial r_s}\left(r_s^2\frac{\partial C_{sh,v,s}}{\partial r_s}\right) \quad (27)$$

– Initial and boundary conditions for Equation (27) are defined as;

$$C_{sh,v,s}\big|_{t=0} = C_{sh,v,s,0} \quad (28)$$

$$\left.\frac{\partial C_{sh,v,s}}{\partial r_s}\right|_{r_s=R_s} = \frac{k_{vs}}{D_{eff,v,s}}\left(C_{sh,v} - C_{sh,v,s}\big|_{r_s=R_s}\right) \quad (29)$$

$$\left.\frac{\partial C_{sh,v,s}}{\partial r_s}\right|_{r=0} = 0 \quad (30)$$

There are complementary equations in Equations (1)-(30). These equations are used to supplement the mathematical model's energy and mass equations and can be found in Equations (31)-(41) below.

$$T_{sh,v,m} = T_{sh,v} - \frac{H}{h_{vs}}\left[\left(T_{sh,v} - T_c\right) + \frac{J_w H_v}{h^*}\right] \quad (31)$$

$$T_{cd} = T_c + \frac{H}{h_p}\left[\left(T_{sh,v} - T_c\right) + \frac{J_w H_v}{h^*}\right] \quad (32)$$

$$J_w = \frac{2\varepsilon P_t D_{w,a}\left(P_{sh,v,m,salt} - P_{cd}\right)}{R\left|P_a\right|_{ln}\left(\delta_m \tau + b\right)\left(T_{sh,v,m} + T_{cd}\right)} \quad (33)$$

$$\left|P_a\right|_{ln} = \frac{\left(P_{a,sh,v,m} - P_{a,cd}\right)}{ln\left(\frac{P_{a,sh,v,m}}{P_{a,cd}}\right)} \quad (34)$$

$$P_{a,sh,v,m} = P_t - P_{sh,v,m,salt} \quad (35)$$

$$P_{a,cd} = P_t - P_{cd} \quad (36)$$

$$P_{sh,v,m} = exp\left(23.196 - \frac{3816.44}{T_{sh,v,m} - 46.13}\right) \quad (37)$$

$$P_{cd} = exp\left(23.196 - \frac{3816.44}{T_{cd} - 46.13}\right) \quad (38)$$

$$P_{sh,v,m,salt} = \left(1 - C_{sh,NaCl}\right)P_{sh,v,m} \quad (39)$$

$$C_{sh,v,m} = \frac{P_{sh,v,m} M}{R_u T_{sh,v,m}} \tag{40}$$

$$C_{ps,v,m} = \frac{\delta_m \tau}{L_m} \frac{P_{sh,v,m} M}{R_u T_{sh,v,m}} \tag{41}$$

2.3.3.PERMEATE SIDE

The amount of permeated water depends not only on the membrane properties, but it is also a temperature function on the permeation side. Thus, an energy balance was developed on the permeation side as follows.

$$C_{ps,v,m} = \frac{\delta_m \tau}{L_m} \frac{P_{sh,v,m} M}{R_u T_{sh,v,m}} \tag{42}$$

- Boundary conditions for Equation (42) are defined as;

$$T_c\big|_{z=0^+} = T_{c,in.} \tag{43}$$

$$\left.\frac{dT_c}{dz}\right|_{z=L} = 0 \tag{44}$$

2.4. SOLUTION OF THE DIRECT PROBLEM

The numerical solution of the mathematical model was carried out for a numeric method which ensures numerical stability (Cruz and Abreu, 2017). The proposed model was solved by the finite volume method (FVM) in together with prescribed initial and boundary conditions to analyze the performance of the DCM distillation module.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The mathematical modelling was used to investigate the performance from DCM distillation module using the solar energy's thermal energy. The physical parameters used to obtain the results are shown in Table 1 as follows.

Table 1. Physical parameters used to obtain the simulation results.

Parameters	Values
Steam density ($\rho_{sh,\,v}$) *kg / m³*	0.989
Void fraction (ε), *m³ vapor / m³ distillation*	0.92
Radial steam thermal cond. ($\lambda_{r,\,eff,\,v}$), *W / m K* (1)	0.083
Steam cap. in the shell side ($C_{P,\,sh,\,v}$), *kJ / kg K* (1)	1.043
Steam velocity (u_v), *m / sec.*	0.147
Steam-solid heat transfer coef. (h_{vs}), *W / m² sec.* (1)	120
Interphase specific surface area (A_{is}), *1/ m*	1600

Table 2. Physical parameters used to obtain the simulation results (Continuation).

Parameters	Values
Thermal cond. of the membrane (k_m), *W / m K*	0.101
Membrane thickness (δ_m), µm	0.35
Solid thermal conductivity ($\lambda_{eff,\,s}$), *W/mK*	0.150
Gas constant (R_u), *kJ / K kmol*	8.314
Operating pressure ($P_{op.}$), kPa	101.325
Solid density ($\rho_{sh,\,s}$), *kg / m³*	1400
Solid cap. in the shell side ($C_{P,\,sh,\,s}$), *kJ / kg K* (1)	0.650
Radial dispersion coef. of NaCl ($D_{r,\,eff,\,NaCl}$), *m² / sec.*	4.251×10^{-5}
Salt particles's average velocity ($u_{NaCl,\,avg.}$), *m / sec.*	0.197
Mass transfer coef. of NaCl ($k_{NaCl,\,s}$), *m / sec.*	6.982×10^{-3}
Dispersion coef. of NaCl in the solid phase ($D_{r,\,eff,\,NaCl,\,s}$), *m² / sec.*	9.83×10^{-7}
Radial dispersion coef. of steam ($D_{r,eff,\,v}$), *m² / sec.* (1)	1.673×10^{-4}
Steam-solid mass transfer coef. ($k_{v,\,s}$), *m / sec.*	3.023×10^{-2}
Steam dispersion coef. in the solid phase ($D_{eff,\,v,\,s}$), *m² / sec.* (1)	5.012×10^{-5}
Tortuosity (τ), (-)	2.0
Heat cap. in the permeate side ($C_{P,\,c}$), *kJ / kg K* (1)	10.723
Velocity in the permeate side (u_c), *m / sec.*	0.209

(1) measured at 90°C

3.1. VALIDATION AND NUMERICAL EXPERIMENTS

To assure the validity of the developed model, it is necessary to compare the simulating results with corresponding literature data.

The simulating results are computed from a computer code developed by authors. Figure 3 compares the literature data and simulated results of the JW under different feed temperature. The

experimental data of the JW obtained for Elhenawy et al. (2020) are compared to simulated results from the JW with particles and without particles.

Figure 4 shows the water vapour's temperature profiles in the shell side with particles and without particles to three different feed temperatures. As it was described in Section 2, the feed temperatures at the DCM distillation module's shell side are obtained in respect to ASR flux of each month, i.e., 976.102 (Tfeed = 94 °C), 972.473 (Tfeed = 90 °C), and 837.439 (Tfeed = 86 °C), respectively.

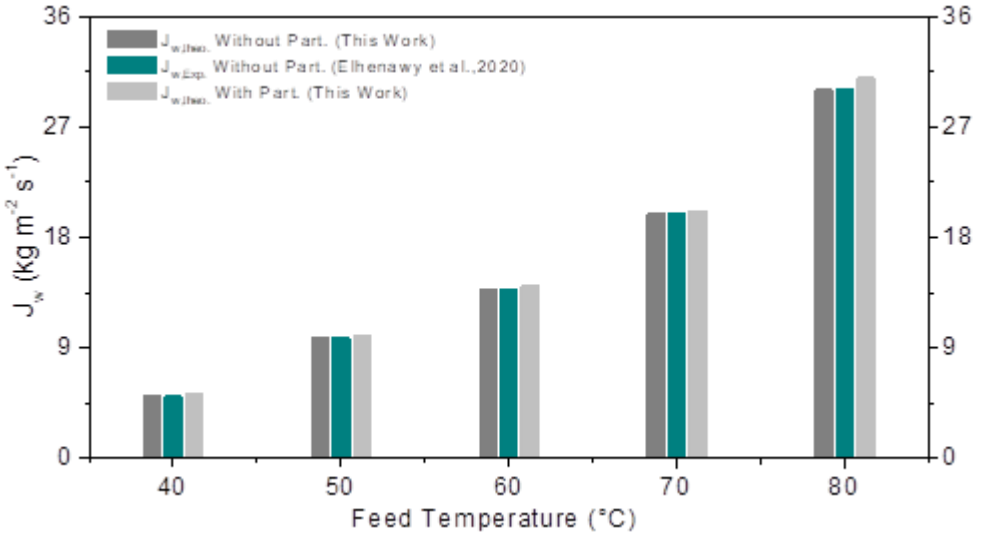


Figure 3. Comparison of results from the J_W.

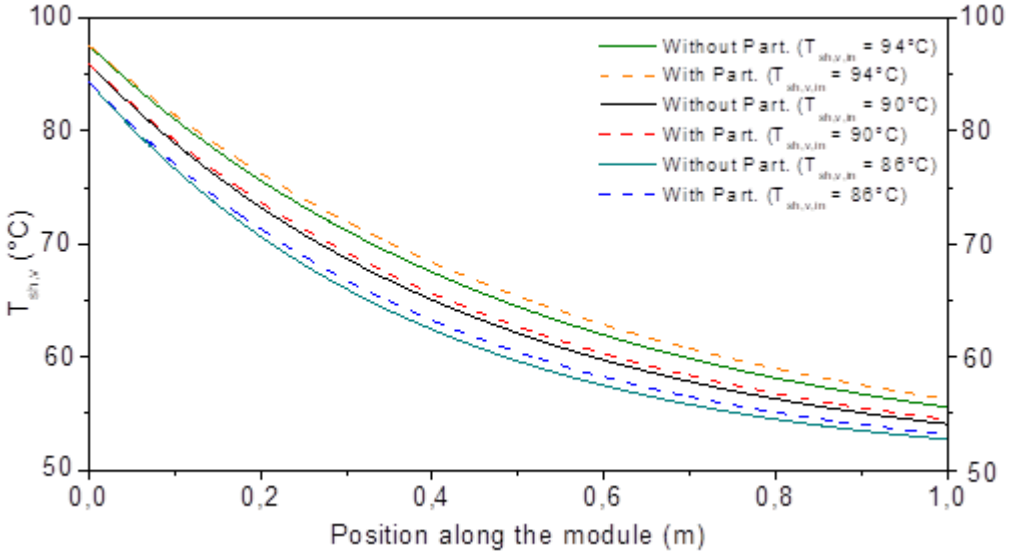


Figure 4. Comparison of $T_{sh,v}$ with and without particles.

4. CONCLUSIONS

This study has been focused on the physical-mathematical modelling of the heat and mass transfer for a DCM distillation module. An analysis to describe the performance of the permeate flux (J_W) and water vapour's temperature profiles is carried out and can be summarized the following conclusions:

1. A satisfactory agreement has been shown between the experimental data of the J_W and results of this work. At the temperature of 80 °C, the value of the J_W with particles was higher.
2. The DCM distillation module's shell side when filled with particles increases the temperature profiles of the water vapour due to improvement on the heat transfer.

REFERENCES

Ali A., Tufa R. A., Macedonio F., Curcio E., Drioli E., 2018, Membrane technology in renewable-energy-driven desalination, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 1-21.

Chen Y-H., Hung H-G., Ho C-D., Chang H., Economic design of solar-driven membrane distillation systems for desalination, Membranes, 11, 1-20.

Cruz, B. M., Silva, J. D., 2017, A two-dimensional mathematical model for the catalytic steam reforming of methane in both conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reformers for the production of hydrogen, International Journal of Hydrogen Energy, 42, 23670-23690.

Donato L., Garofalo A., Drioli E., Alharbi O., Aljlil S. A., Criscuoli A., Algieri C., 2020, Improved performance of vacuum membrane distillation in desalination with zeolite membranes, Separation and Purification Technology, 237, 116376.

Elhenawy Y., Elminshawy N. A. S., Bassyouni M., Alanezi A., Drioli E., 2020, Experimental and theoretical investigation of a new air gap membrane distillation module with a corrugated feed channel, Journal of Membrane Science, 594, 117461.

Golubev G., Eremeev I., Makaev S., Shalygin M., Vasilevsky V., He T., Drioli E., Volkov A., 2021, Thin-film distillation coupled with membrane condenser for brine solutions concentration, Desalination, 503, 114956

Kalogirou S. A., 2005, Seawater desalination using renewable energy sources, Progress in Energy and Combustion Science, 31, 242-281.

Rafiei A., Loni R., Mahadzir S. B., Najafi G., Pavlovic S., Bellos E., 2020, Solar desalination system with a focal point concentrator using different nanofluids, Applied Thermal Engineering, 174, 115058.

Voltolina, S., Marín, P., Díz, F. V., Salvador, O., 2017, Open-cell foams as beds in multiphase reactors: Residence time distribution and mass transfer". Chemical Engineering Journal, 316, 323 - 331.

Ying L., Zhu H., Huang H., Qu x., Wang C., Wang X., Duan F., Lu S., Du M., 2021, Scalable NiCoxSy-PANI@GF Membranes with Broadband Light Absorption and High Salt-Resistance for Efficient Solar-Driven Interfacial Evaporation, ACS Applied Energy Materials, 4, 3563−3572.

Capítulo 20

10.37423/231008286

THERMOCHEMICAL CONVERSION OF ETHANOL FOR THE HYDROGEN PRODUCTION IN A LUMPED-PARTICLE FIXED BED REFORMER: MATHEMATICAL MODELLING AND SIMULATION

Renato da Silva Pereira — *Universidade de Pernambuco*

Jornandes Dias da Silva — *Universidade de Pernambuco*



Abstract: The steam reforming of ethanol (SRE) is currently considered a promising process for so-called synthesis gas (H2 and CO). The synthesis gas (syngas) can be obtained from various fuels among which natural gas is of special importance. The SRE can be processed on the porous materials bed as solid open-cell foams due to high porosity and great surface area. Solid open-cell foams are macroporous reticulated 3D structures constituted by interconnected cavities and made of metals (aluminum, steel), ceramics (alumina, silicon carbide etc.), or carbon materials. The Lumped-Particle Packed Bed (LPPB) Reformers have been substantially studied in the past years as a promising reformer to study the thermochemical conversion of ethanol. A variety of researches have been approached in the experimental field and theoretical. This work has as main objective a theoretical modelling to describe the process variables of the SRE on the LPPB reformer. These process variables describe the specific aims as from each equation of a physical-mathematical model characterizing the performance from reformer. When the C2H5OH/H2O ratio decreases on the SRE method in LPPB reformer, the reaction temperature is notably increased. An increase of the ug,avg indicates a decrease on the reaction temperature profiles in LPPB reformer and, thus, a reduction in the heat release by the SRE method. An increase of the operating temperature has a significant role of the thermochemical conversion of C2H5OH because of the higher consumption of reactants in reforming method from the SRE.

Keywords: Ethanol, Steam reforming, Modelling, Packed bed, Simulation.

1. INTRODUCTION

Renewable energy sources have been considered to be as one of the most efficiency solutions to reach the targets of the production of green hydrogen (H2). Because of the limitations of the production of H2 from organic compounds and water, various sources such as coal, natural gas, liquefied petroleum gas, propane, methane, gasoline, biomass-derived liquid fuels (e.g. methanol, ethanol (C2H5OH), biodiesel) have been explored for H2 extraction. Among these sources, C2H5OH can be an excellent candidate for the production of H2 due to its renewability, facility of access and transport, biodegradability, low toxicity, neither need for catalytic toxins, and ease of decomposition. The technology of the reforming process in a thermochemical reformer contributes to the key innovative element of sustainable development (Dias and Silva, 2020; Lima et al., 2020). Steam Reforming of Ethanol (SRE) can be implemented in a Lumped-Particle Packed Bed (LPPB) reformer to produce syngas. Syngas is a precious inflammable gas mixture of H2 and carbon monoxide (CO) and smaller quantities of methane, carbon dioxide and hydrocarbons (Cruz and Silva, 2017). The overall reaction of C2H5OH reacts with a steam stream of water (H2O) at moderate temperature to form syngas mixture (H2, CO). Its benefit is that is does not request oxygen and operate at relatively lower operating temperature.

The global energy system depends mainly on fossil fuels that unload an enormous amount of greenhouse gases (GHG) and other environmental pollutants. To minimize the emissions of pollutant gases, researchers have been concentrating on developing renewable energy sources for energy generation (Aron et al., 2020). The thermochemical reforming technology can be used to produce renewable energies (as hydrogen (H2) production) from chemical reaction processes. The utilization of H2 is increasing in many countries due to potential decarbonization and sustainable energy transition designs (Chein et al., 2017). H2 is shown to be a versatile transition alternative in different applications, with an increasing trend towards cleans alternatives with better performance improving the existing processes. The production process of H2 followed worldwide includes the use of fossil fuels as raw materials or as energy (Silva and Abreu, 2016). The disadvantages of the reforming process from fossil are the contribution of emissions of GHG into the environment.

The global process of steam reforming of C2H5OH is highly endothermic. The heat required for this reaction can be supplied by a thermal furnace turned on reformer. Mathematical modelling is built at non-isothermal conditions due to endothermic process of chemical reaction (Silva and Abreu, 2016, Villafán-Vidales et al., 2017). The mathematical model developed for this work involves non-steady-

state, non-isothermal, and one-dimensional conditions. From the point of theoretical view, the one-dimensional model includes the gas-phase temperature, solid-phase temperature, the reactants in the reforming process of C2H5OH are C2H5OH, C2H5OH gas, and water vapor (H2O), and its products are carbon dioxide (CO2), and H2. The governing equations of the mathematical modelling consist of an energy balance of the gas phase, energy balance of the solid phase, mass balance of C2H5OH, mass balance of H2O, mass balance of CO2, and mass balance of H2. In addition, energy balances of molten salt in heating tube are considered in mathematical modelling.

This work reports the mathematical modelling of the SRE process in a LPPB reformer. The main aim of this study is to investigate the heat and mass transfer phenomena coupled with thermochemical reaction kinetics from SRE. The performance from LPPB reformer using the reforming process is numerically investigated in terms of the temperature profiles of the endothermic reaction. On the other hand, it was also studied the reactant and product distribution as well as the conversion of C2H5OH and production of H2 in LPPB reformer.

2. DESCRIPTION OF THE PHYSICAL PROBLEM

Thermal energy storage in molten salt plays an important role in some industrial applications such as solar thermal storage. A heating tube (with molten salt) turned on to LPPB reformer provides efficient thermal energy due to their high heat transfer effectiveness (Sun et al., 2022; He et al., 2022). The thermal energy stored inside thermal insulation (molten salt) is transferred towards reformer's packed bed where the reaction of C2H5OH occurs. The schematic setup from Figure 1 shows the general structure of the packed bed thermal storage system. In this setup, an energy source is turned on to heating tube to keep dynamic thermal storage in the LPPB reformer.

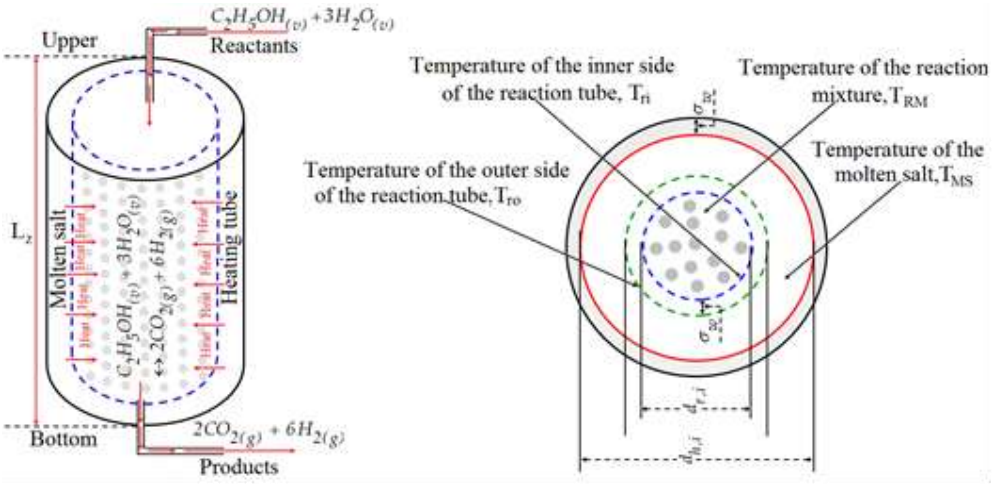


Figure 1. Schematic setup of packed bed thermal storage system.

3. DIRECT PROBLEM

The schematic setup from Figure 1 involves a heating tube (with molten salt) as thermal insulation and LPPB reformer, respectively. The methodology reported in this work consists of the following steps: (i) kinetic model of the SRE, (ii) energy balances of the molten salt inside heating tube, (iii) energy balance of the gas phase, energy balance of the solid phase, mass balance of the reactants, and mass balance of products in LPPB reformer.

3.1. KINETIC MECHANISM

The reforming reaction of C2H5OH is highly endothermic and it can be used to produce H2 and syngas (H2 e CO) at moderate temperature. As the reforming process of C2H5OH is strongly endothermic, the thermodynamic equilibrium of this reaction dependent on the operating temperature and its global reaction is given as follows.

$$C_2H_5OH_{(v)} + 3H_2O \leftrightarrow 2\,CO_{2(g)} + 6H_{2(g)};\ \Delta H^0_{298\,K} = +157.09\,kJ/mol \quad (1)$$

3.2. KINETIC MODEL

The overall rate equation of the reaction was developed based on Langmuir-Hinshelwood kinetic model and can be met in Sahoo et al., (2007) as follows.

$$R_{SRE} = \frac{k_{SRE}\,K_{C_2H_5O_{(1)}}\left(\frac{P_{C_2H_5OH}}{P^{1/2}_{H_2}}\right)\left[1-\left(\frac{P^4_{H_2}\,P^2_{CO_2}}{K_r\,P^2_{H_2O}\,P_{C_2H_5OH}}\right)\right]}{\beta_{EN.}}\left(C^T_{S1}\right)^2 \quad (2)$$

Where βEN is given as follows.

$$\beta_{EN} = 1 + K_{CO_2(1)}P_{CO_2} + K_{CO(1)}P_{CO} + K_{CH_4(1)}P_{CH_4} + K_{HCOO(1)}P^{1/2}_{H_2}P_{CO_2} + K_{H_{2(1)}}P^{1/2}_{H_2} + \frac{K_{C_2H_4O(1)}P^5_{H_2}P^2_{CO_2}}{P^3_{H_2}} + \frac{K_{C_2H_5O(1)}P_{C_2H_5OH}}{P^{1/2}_{H_2}} + \frac{K_{HO(1)}P_{H_2O}}{P^{1/2}_{H_2}} \quad (3)$$

$$K_r = \frac{K_{C_2H_5O(1)}\left(\frac{k_{SRE}}{K_{-SRE}}\right)}{K_{C_2H_4O(1)}\,K_{H_2(1)}} \quad (4)$$

3.3. HEAT AND MASS TRANSFER

The gas-solid reaction of C2H5OH at the surface of solid particles of the packed bed involves the heat and mass transfer process along the LPPB reformer. A comprehensive mathematical model is developed based on the heat and mass physical phenomena to analyze and predict the performance of the LPPB reformer in the use of the SRE process as an important process for hydrogen production. A 1D non-isothermal model is built based on energy and mass balance equations through the heating tube (with molten salt) and lumped-particles packed bed. Assuming the model development was simplified, several assumptions are considered as follows: (a) dynamic-estate condition, (b) negligible pressure drop, (c) axial diffusion along the LPPB reformer, (d) negligible convective radial dispersion, (e) negligible heat and mass transfer diffusion inside the catalyst pellets.

3.4. GOVERNING EQUATIONS OF THE HEAT TRANSFER IN THE HEATING TUBE

An energy balance equation is developed based on temperature of the gas phase inside the heating tube. As the temperature indicates the thermal energy storage in other substance, an energy balance equation is also built based on temperature of the molten salt particles in the heating tube. The governing energy balances for the gaseous phase and molten salt particles are reported as follows.

- Energy equation for the water steam;

$$\varepsilon_t \rho_v C_{p,v}\left(\frac{\partial T_{t,v}}{\partial t} + u_v \frac{\partial T_{t,v}}{\partial z}\right) = \varepsilon_t \lambda_v \frac{\partial^2 T_{t,v}}{\partial z^2} + h_v\left(T_{salt} - T_{t,v}\right) + \frac{2h_w}{R_{in.}}\left(T_{t,v} - T_{rm}\right) \tag{5}$$

- Initial and boundary conditions for Equation (5) are defined as;

$$T_{t,v}\Big|_{t=0} = T_{t,v,0} \tag{6}$$

$$\lambda_s \frac{\partial T_{t,v}}{\partial z}\Big|_{z=0^+} = \rho_s C_{p,v} \frac{4Q_{t,v}}{\pi d_{t,in.}^2}\left(T_{t,v}\Big|_{z=0^+} - T_{v,in.}\right) \tag{7}$$

$$\frac{\partial T_{t,v}}{\partial z}\Big|_{z=L} = 0 \tag{8}$$

- Energy equation for the molten salt;

$$\left(1-\varepsilon_t\right)\rho_{salt} C_{p,salt} \frac{\partial T_{salt}}{\partial t} = \left(1-\varepsilon_t\right)\lambda_{salt} \frac{\partial^2 T_{salt}}{\partial z^2} + h_v\left(T_{t,v} - T_{salt}\right) \tag{9}$$

- Initial and boundary conditions for Equation (9) are defined as;

$$T_{salt}\big|_{t=0} = T_{salt,0} \tag{10}$$

$$T_{salt}\big|_{z=0^+} = T_{salt,in.} \tag{11}$$

$$\left.\frac{\partial T_{salt}}{\partial z}\right|_{z=L} = 0 \tag{12}$$

3.5. GOVERNING EQUATIONS OF THE HEAT TRANSFER IN THE LPPB REFORMER

An energy balance equation is developed based on temperature of the gas phase inside the LPPB reformer. The governing energy balance based on gaseous phase is shown as follows.

- Energy balance equation for the gaseous phase in the LPPB reformer;

$$\varepsilon_b \rho_{g,mix.} C_{p,mix.}\left(\frac{\partial T_{rm}}{\partial t} + u_g \frac{\partial T_{rm}}{\partial z}\right) = \varepsilon_b \lambda_{ax,eff} \frac{\partial^2 T_{rm}}{\partial z^2} + h_{gs} \frac{6}{d_p} \frac{\left(1-\varepsilon_b\right)}{\varepsilon_b}\left(T_{rm} - T_s\right) + \frac{2h_w}{R_{in.}}\left(T_{rm} - T_{t,v}\right) \tag{13}$$

- Initial and boundary conditions for Equation (13) are defined as;

$$T_g\big|_{t=0} = T_{g,0} \tag{14}$$

$$\left.\frac{\partial T_g}{\partial z}\right|_{z=0^+} = \frac{u_g \rho_{mix.} C_{p,mix.}}{\lambda_{g,mix.}}\left(T_g\big|_{z=0^+} - T_{g,\infty}^{Upper}\right) \tag{15}$$

$$\left.\frac{\partial T_g}{\partial z}\right|_{z=L_z} = \frac{h_{gs,eff}}{\lambda_{g,mix.}}\left(T_{g,\infty}^{Bottem} - T_g\big|_{z=L_z}\right) \tag{16}$$

On the other hand, an energy balance equation is also developed to report the temperature in the solid phase along the LPPB reformer as follows.

- Energy balance equation for the solid phase in the LPPB reformer;

$$\rho_s C_{p,s} \frac{\partial T_s}{\partial t} = \lambda_{s,eff} \frac{\partial^2 T_s}{\partial z^2} + h_{sg} \frac{6}{d_p} \frac{\left(1-\varepsilon_b\right)}{\varepsilon_b}\left(T_s - T_{rm}\right) + \rho_s \frac{\left(1-\varepsilon_p\right)}{\varepsilon_p} \eta_{SRE} R_{SRE}\left(2\Delta H^0_{CO_2,(g)} + 6\Delta H^0_{H_2,(g)} - \Delta H^0_{C_2H_5OH,(v)} - 3\Delta H^0_{H_2O,(v)}\right) \tag{17}$$

- Initial and boundary conditions for Equation (17) are defined as;

$$T_s\big|_{t=0} = T_{s,0} \tag{18}$$

$$T_s\big|_{z=0^+} = T_{s,in.} \tag{19}$$

$$\left.\frac{\partial T_s}{\partial z}\right|_{z=L_z} = \frac{h_{sg,eff}}{\lambda_{s,eff}}\left(T_{s,\infty}^{Bottem} - T_s\big|_{z=L_z}\right) \tag{20}$$

3.6. MASS TRANSFER IN THE GAS PHASE INSIDE THE LPPB REFORMER

A mass balance equation in the gas phase will accounts chemical components (i = C2H5OH, H2O, CO2 and H2) of Equation (1) along the axial direction of the LPPB reformer. However, the concentration distributions of each chemical component in the gas phase can be determined from following equation.

- Mass balances of each chemical component in the gaseous phase are given as;

$$\frac{\partial C_{g,i}}{\partial t} = D_{ax,g,i}\frac{\partial^2 C_{g,i}}{\partial z^2} - u_g\frac{\partial C_{g,i}}{\partial z} + k_{gs,i}\frac{3}{R_p}\frac{(1-\varepsilon_b)}{\varepsilon_b}\left(C_{g,i} - C_{s,i}\big|_{r=R_p}\right) \tag{21}$$

- Initial and boundary conditions for Equation (21) are defined as;

$$C_{g,i}\big|_{t=0} = C_{g,i,0} \tag{22}$$

$$\varepsilon_b D_{ax,g,i}\left.\frac{\partial C_{g,i}}{\partial z}\right|_{z=0^+} = u_g\left(C_{g,i}\big|_{z=0^+} - C_{g,i,\infty}^{Upper}\right) \tag{23}$$

$$\varepsilon_b D_{ax,g,i}\left.\frac{\partial C_{g,i}}{\partial z}\right|_{z=L_z} = k_{gs,i,eff}\left(C_{g,i}\big|_{z=L_z} - C_{g,i,\infty}^{Bottem}\right) \tag{24}$$

3.7 MASS TRANSFER AT THE SURFACE OF THE SOLID PHASE INSIDE THE LPPB REFORMER

To simplify the problem, it is assumed that the reforming reaction of C_2H_5OH occurs at the surface of solid particles from lumped-particle packed bed. Therefore, the governing equation of chemical components at the surface of solid particles is given as follows.

$$k_{gs,i}\frac{3}{R_p}\frac{(1-\varepsilon_b)}{\varepsilon_b}\left(C_{s,i}\big|_{r=R_p} - C_{g,i}\right) + \rho_s\eta_{SRE}r_i = 0;\ i = C_2H_5OH, H_2O, CO_2 \text{ and } H_2 \tag{25}$$

The net reaction rates (ri) from Equation (25) can be determined for each chemical component. These rates are shown in Equation (26) below.

$$r_{C_2H_5OH} = -R_{SRE},\ r_{H_2O} = -3R_{SRE},\ r_{CO_2} = +2R_{SRE},\ and\ r_{H_2} = +6R_{SRE} \tag{26}$$

3.8. NUMERICAL SOLUTION OF THE DIRECT PROBLEM

The numerical solution of the mathematical model was carried out for a numeric method which ensures numerical stability (Ben Taher et al., 2021). The proposed model was solved by the Finite Volume (FV) method in together with prescribed initial and boundary conditions to analyze the performance of the LPPB reformer.

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

The mathematical modelling developed based on the performance from LPPB reformer using the molten salt's thermal energy. The mathematical model depends on very physical parameters. These physical parameters are shown in Table 1 as follows.

Table 1. Physical parameters used to obtain the simulation results.

Identification of parameters	Symbols	Values
Kinetic constant of the SRE	k_{SRE}, kmol/ kgcat.sec.$^{(1)}$	1.23 x 1020
Adsorption constant of $C_2H_5O_{(1)}$	$K_{C2H5O(1)}$, $kPa^{-1/2\ (1)}$	4.14 x 10^{-6}
Adsorption constant of $CO_{2(1)}$	$K_{CO2(1)}$, $kPa^{(1)}$	6.81 x 10^{-5}
Adsorption constant of $CO_{(1)}$	$K_{CO(1)}$, $kPa^{(1)}$	1.58 x 10^{-3}
Adsorption constant of $CH_{4(1)}$	$K_{CH4(1)}$, $kPa^{(1)}$	1.25 x 10^{+9}
Adsorption constant of $HCOO_{(1)}$	$K_{HCOO(1)}$, $kPa^{3/2\ (1)}$	6.09 x 10^{-3}
Adsorption constant of H_2	$K_{H2(1)}$, $kPa^{1/2\ (1)}$	3.12 x 10^{-4}
Adsorption constant of $C_2H_4O_{(1)}$	$K_{C2H4O(1)}$, $kPa^{-4\ (1)}$	1.01 x 10^{-2}
Adsorption constant of $HO_{(1)}$	$K_{HO(1)}$, $kPa^{-1/2\ (1)}$	5.12 x 10^{-3}
Equilibrium constant	K_r , kPa^3	2.11 x 10^{-16}
Partial pressure of C_2H_5OH	P_{C2H5OH}, kPa	314.01
Partial pressure of H_2	P_{H2}, kPa	124.04
Partial pressure of H_2O	P_{H2O}, kPa	101.67
Partial pressure of CO_2	P_{CO2}, kPa	125.01
Partial pressure of CO	P_{CO}, kPa	72.89
Partial pressure of CH_4	P_{CH4}, kPa	87.17
Steam density	ρ_v, kg/m^3	0.989
Steam specific heat	$C_{p,\,v}$, kJ/kg K	0.741
Steam thermal conductivity	λ_v, W/m K	0.097
Heat transfer coefficient of the steam phase	h_v, W/m^2 K	2.98 x 10^{-3}
Heat transfer coefficient of wall	h_w, W/m^2 K	473.573
Salt density	ρ_{salt}, kg/m^3	1400
Salt specific heat	$C_{p,\,salt}$, kJ/kg K	2.001
Salt thermal conductivity	λ_{salt}, W/m K	0.202

Gaseous mixture density	$\rho_{g,\,mix.}$, kg/m^3	0.6751
Gaseous mixture specific heat	$C_{p,mix.}$, kJ/kg K	16.109
Void fraction of bed	ε_b, m^3 gas/m^3 reformer	0.41
Effective axial thermal conductivity	$\lambda_{ax.,eff}$, W/m K	121.371
Gas-solid heat transfer coefficient	h_{gs}, W/m^2 K	45.73
Solid density	ρ_s , kg/m^3	7750
Solid specific heat	$C_{p,\,s}$, kJ/kg K	423.12
Axial dispersion coefficient of C_2H_5OH	$D_{ax.,g,C2H5OH}$, m^2 /sec.	4.927 x 10^{-3}
Axial dispersion coefficient of H_2O	$D_{ax.,g,H2O}$, m^2 /sec.	2.452 x 10^{-3}
Axial dispersion coefficient of CO_2	$D_{ax.,g,CO2}$, m^2 /sec.	4.091 x 10^{-3}
Identification of parameters	Symbols	Values
Axial dispersion coefficient of H_2	$D_{ax.,g,H2}$, m2 /sec.	1.123 x 10^{-4}
Mass transfer coefficient of C_2H_5OH	$k_{gs,C2H5OH}$, m/sec.	2.523 x 10^{-2}
Mass transfer coefficient of H_2O	$k_{gs,H2O}$, m/sec.	1.917 x 10^{-2}
Mass transfer coefficient of CO_2	$k_{gs,CO2}$, m/sec.	2.071 x 10^{-2}
Mass transfer coefficient of H_2	$k_{gs,H2}$, m/sec.	1.011 x 10^{-2}
Effective mass transfer coefficient of C_2H_5OH	$k_{gs,C2H5OH,\,eff}$, m/sec.	2.989 x 10^{-2}
Effective mass transfer coefficient of H_2O	$k_{gs,H2O,\,eff}$, m/sec.	2.325 x 10^{-2}
Effective mass transfer coefficient of CO_2	$k_{gs,CO2,\,eff}$, m/sec.	2.279 x 10^{-2}
Effective mass transfer coefficient of H_2	$k_{gs,H2,\,eff}$, m/sec.	1.127 x 10^{-2}
Particle radius	R_p, m	0.0032

(1) measured at 425°C

4.1. TEMPERATURE DISTRIBUTIONS IN HEATING TUBE

Figure 2 reports the temperature distributions Tt,v and Tsalt along the axial direction at different times during the thermal storage process. The temperature is a physical amount that expresses the thermal energy storage of the atoms or molecules in other material. In this context, there is a thermal energy transfer from vapor phase towards the solid (salt) phase where the molten salt temperature is maintained at a lower level. As results, this can be seen in Figure 2 as follows. Figure 2a reports that temperatures of the vapor and salt phases are kept equals up to around z/L = 0.25. After that, temperatures of the vapor and salt phases begin range up to around z/L = 0.85. On the other hand, Figure 2b shows that temperatures of the vapor and salt phases are maintained equals until around z/L = 0.12. After that, temperatures of the vapor and salt phases begin range up to around z/L = 0.75.

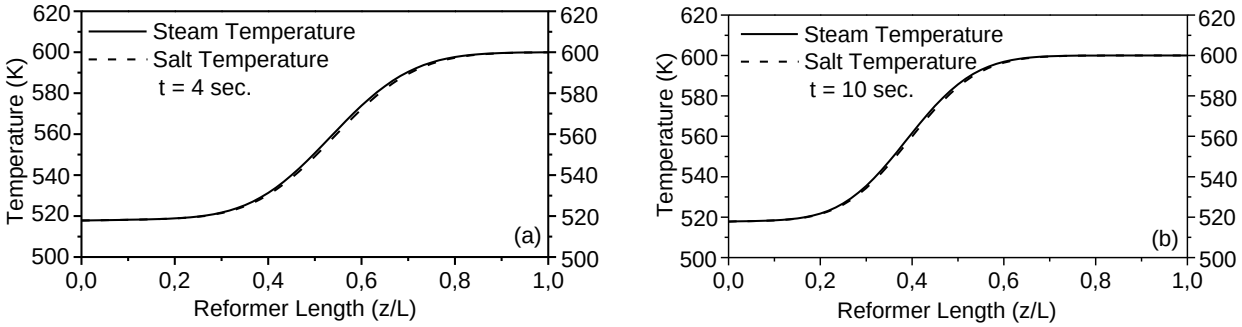


Figure 2. Temperature profiles along the axial direction at different times of the charging process: (a) t = 4 sec, and (b) t = 10 sec.

4.2. TEMPERATURE DIFFERENCE AND HEAT FLUX

Figure 3 presents the change in the temperature difference (Tt, v - Tsalt) between fluid and solid and heat flux through the LPPB reformer wall along the axial direction at different charging times.

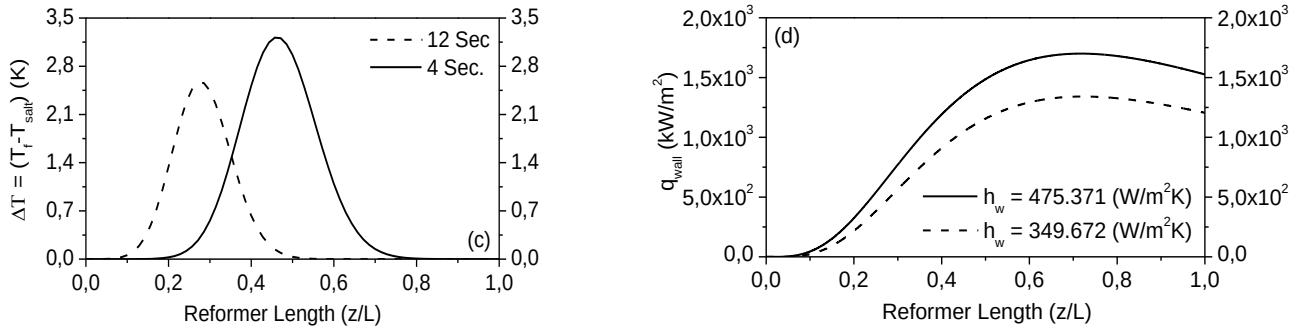


Figure 3. Temperature difference and heat flux: (a) temperature difference along the axial direction at different charging times, (b) heat flux through the LPPB reformer wall.

Figure 3c shows the temperature difference in the LPPB reformer section where the vertical temperature gradient is a local maximum. As results, the temperature difference is reduced when the charging time is increased. On the other hand, Figure 3d demonstrates the heat flux profiles through the LPPB reformer wall at different charging times. The results obtained show that the higher heat transfer coefficient between the vapor and LPPB reformer wall indicates a higher heat flux through the LPPB reformer wall.

4.3 TEMPERATURE DISTRIBUTIONS AND CONCENTRATION DISTRIBUTIONS IN LPPB REFORMER

Figure 4 shows the temperature profiles of the reaction and solid phase, as well as the concentration profiles of the reactants and products in the LPPB reformer.

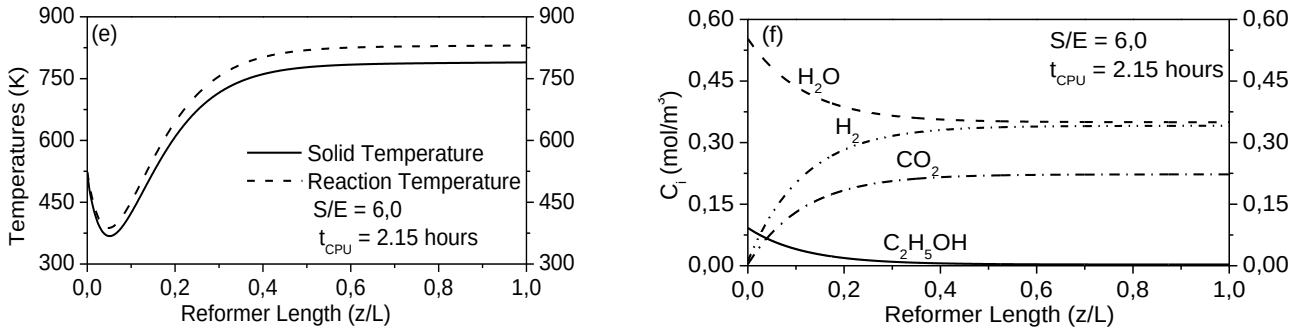


Figure 4. Temperatures of the gas and solid phases and distributions of chemical components: (a) comparison between the temperature profiles of the gas and solid phases inside the LPPB reformer, (b) concentration profiles of the reactants and products at inlet temperature of 873 K.

Figure 4e describes the temperature profiles of the solid phase and chemical reaction along the axial direction from LPPB reformer. As results, the profile of reaction mixture temperature (Trm) reports higher result due to the thermal energy storage of the gaseous mixture. Figure 4f shows the variations the concentration profiles of chemical components in the gaseous mixture along the LPPB reformer. The results indicated a decrease of reactants (C2H5OH and H2O) and an increase from products (CO2 and H2).

4.4. MODEL VALIDATION

The model equations are numerically solved by FV method, and the results obtained are validated against experiments from the literature. The simulating results are computed from a computer code developed by authors. The basic data for validation are given by Liu et al., Press (2022). Figure 5g shows a comparison between the numerical results and results from literature for the conversion of C2H5OH. On the other hand, Figure 5h has reported a comparison between the numerical results and results from literature for the yield of H2.

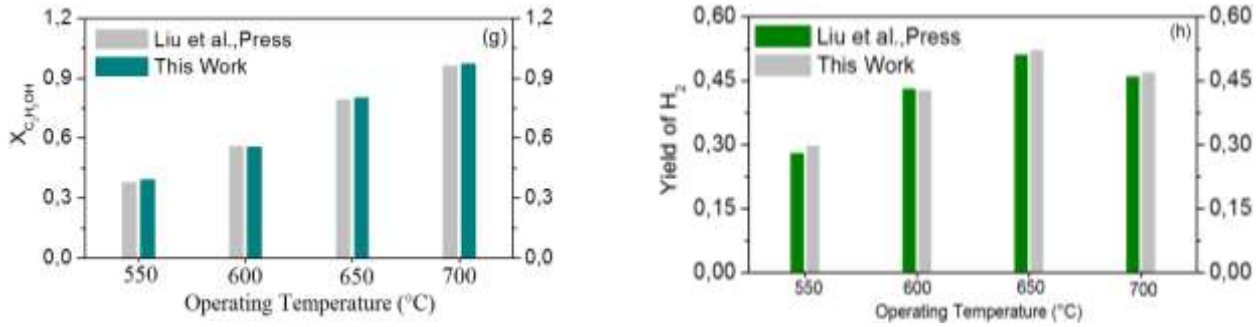


Figure 5. Model validation by comparison between the numerical simulation and experimental data: (a) conversion C_2H_5OH, (b) yield of H_2.

4.5. UNCERTAINTY QUANTIFICATION

After driving a validation by comparative analysis of the conversion of C2H5OH and yield of H2 using data of the literature, the optimal fitting value and confidence interval of the observed data were obtained. The plots of the conversion of C2H5OH and yield of H2 are reported in Figure 6. In this figure, an uncertainty level of 5% is assumed for the robustness analysis. Based on the simple linear regression model, the uncertainty of the conversion of C2H5OH and Yield of H2 are analyzed, and statistical parameters on the 95% confidence interval are computed how is shown in Table 2. It can be seen in Figure 6i that the conversion of C2H5OH has been fitted to the data of the literature for a 5% uncertainty level. The correlation coefficient (R), determination coefficient (R2), and adjusted determination coefficient (R2)Adj. are measurements used to explain as the variability of one variable can be impacted by its relationship to another related variable. The Standard Deviation (SD) indicates the degree of the uncertainty when a random variable or a set of data that is measured. A low SD shows that the values tend to be close to the mean of the set, while a high SD indicates that the values are spread out over a wider range. As results of these statistical indicators, Table 2 shows the statistical indicators for the conversion of C2H5OH and yield of H2.

Table 2. Statistical analysis with width of the 95% confidence interval for the conversion of C_2H_5OH and Yield of H_2.

Statistical parameters	Conversion fit of C_2H_5OH	Yield fit of H_2
R	0.9998	0.9969
R^2	0.9995	0.9941
$R^2_{Adj.}$	0.9993	0.9912
SD	0.0067	0.0091

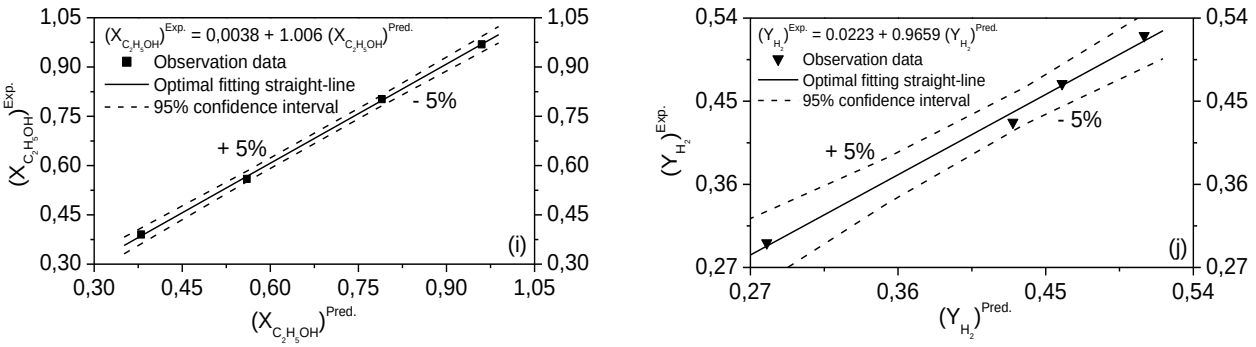


Figure 6. Uncertainty analysis of the conversion of C_2H_5OH and yield of H_2: (i) conversion fit of C_2H_5OH to the data of the literature, (j) yield adjustment of H_2 to the data of the literature.

5. CONCLUSIONS

The work has focused on a 1D transient mathematical model based on heat transfer process to numerically investigate the profiles of temperature of the thermal charge in the heating tube. Besides, a second 1D pseudo-homogeneous mathematical model was developed based on the heat and mass transfer coupled to a kinetic model of the SRE in LPPB reformer. The numerical analysis was made using the FV technique in which the energy balance equations inside the heating tube were coupled with the energy and mass balance equations through the heat flux that passes by the LPPB reformer wall. Therefore, key conclusions of this study include:

1. The thermal energy storage inside the heating tube is transferred towards reaction zone through the heat flux that passes by the LPPB reformer wall. As a result, the heat flux drives the SRE process due to the endothermic reaction.
2. The profile of reaction mixture temperature (Trm) has been indicated higher thermal energy storage in the gaseous mixture where the production of H2 achieves 34. 29% at inlet temperature of 873 K.
3. The validation of the computer code has been shown that the conversion of C2H5OH increases as the operating temperature increases. While, the yield of H2 has been indicated an oscillation with an increase of the operating temperature. Besides, the uncertainty degree of the conversion of C2H5OH is lesser than the uncertainty degree of the yield of H2.

REFERENCES

Aron, N. S. M., Khoo, K. S., Chew, K. W., Show, P. L., Chen, W-H., Nguyen, T. H. P., 2020. "Sustainability of the four generations of biofuels - A review". Inter J Energy Research, Vol. 44 (12), pp. 9266-9282.

Ben Taher, M. A., El-Otmany, H., El Rhafiki, T., Kousksou, T., Zeraouli, Y., 2021. "Inverse method to describe crystallization of undercooled water in cold storage tank". J. of Energy Storage, Vol. 36, p. 102404.

Cruz, B. M. and Silva, J. D., 2017. "A two-dimensional mathematical model for the catalytic steam reforming of methane in both conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reformers for the production of hydrogen". Int J Hydrogen Energy, Vol. 42, pp. 23670-23690.

Chein, R. Y., Hsu, W. H. and Yu, C. T., 2017. "Parametric study of catalytic dry reforming of methane for syngas production at elevated pressures". Int J Hydrogen Energy, Vol. 42, pp. 14485-14500.

Dias, V. F., Silva, J. D., 2020. "Mathematical modelling of the solar - driven steam reforming of methanol for a solar thermochemical micro - fluidized bed reformer: thermal performance and thermochemical conversion". J Braz Soc Mech Sci Eng, Vol. 42, p. 447.

He X., Qiu J., Wang W., Hou Y., Ayyub M., Shuai Y., 2022. "A review on numerical simulation, optimization design and applications of packed-bed latent thermal energy storage system with spherical capsules". J Energy Storage, Vol. 51, p. 104555.

Lima, K. P. M., Dias, V. F., Silva. J. D., 2020. "Numerical modelling for the solar driven bi-reforming of methane for the production of syngas in a solar thermochemical micro-packed bed reactor". Int J Hydrogen Energy, Vol. 45, pp. 10353-10369.

Liu, H., Li, H., Li, S., Press. "Ni-hydrocalumite derived catalysts for ethanol steam reforming on hydrogen production". Int J Hydrogen Energy, Vol. xx, pp. xxx.

Sahoo D. R., Vajpai S., Patel S., K.K. Pant K. K., 2007. "Kinetic modeling of steam reforming of ethanol for the production of hydrogen over Co/Al2O3 catalyst". Chem Eng J, Vol. 125, pp. 139-147.

Silva, J. D. and Abreu, C. A. M., 2016. "Modelling and simulation in conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reactors for the steam reforming of methane". Int J Hydrogen Energy, Vol. 41, pp. 11660-11674.

Silva, J. D. and Abreu, C. A. M., 2016. "Modelling and simulation in conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reactors for the steam reforming of methane". Int J Hydrogen Energy, Vol. 41, pp. 11660-11674.

Sun B., Liu Z., Ji X., Gao L., Che D., 2022. "Thermal energy storage characteristics of packed bed encapsulating spherical capsules with composite phase change materials". Appl Ther Eng, Vol. 201, p. 117659.

Villafán-Vidales H. I., Arancibia-Bulnes C. A., Riveros-Rosas D., Romero-Paredes H., Estrada C. A., 2017. "An overview of the solar thermochemical processes for hydrogen and syngas production: Reactors and facilities". Ren Sust Energy Reviews, Vol. 75, pp. 894-908.

Capítulo 21

10.37423/231008287

MODELAGEM MATEMÁTICA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO EM UM GASEIFICADOR DE LEITO FLUIDIZADO: SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Ademir Ferreira da Rocha — *Universidade de Pernambuco*

Jornandes Dias da Silva — *Universidade de Pernambuco*



Resumo: A tecnologia dos gaseificadores de leito fluidizados gás-sólido pode ser desenvolvida para converter combustível sólido em energia elétrica através do processo de combustão parcial. O leito fluidizado gás-sólido analisado neste trabalho envolve uma fase gasosa e uma fase sólida ascendente. A modelagem matemática desenvolvida para a região de fluidização compõe-se das equações de balanço de energia e das equações de balanço para as espécies químicas. As equações de balanços de energia e as equações de balanço de massa das espécies químicas formam um sistema de Equações Diferenciais Parciais (EDPs) acopladas. O sistema de EDPs foi transformado via o método das linhas em um sistema de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) acopladas. O sistema de EDOs foi resolvido com implementação do algoritmo de Runge-Kutta Gill, usando um programa de computador desenvolvido na linguagem Fortran 90. Os experimentos numéricos foram analisados através de perfis de temperaturas para as fases gasosa e sólida, bem como perfis das espécies químicas que compõem o processo de combustão no leito fluidizado. Além disto, os experimentos numéricos foram validados com dados da literatura para testar a precisão, convergência e estabilidade

Palavras-chave: Gaseificadores, leito fluidizado, modelo matemático, balanço de energia

1.INTRODUÇÃO

Os gaseificadores de leito fluidizado tem sido objeto de inúmeros estudos nas últimas décadas. Como resultado tem-se o desenvolvimento de inúmeras relações empíricas para os coeficientes de transferência entre as fases fluida e sólida (Jingzhu et al., 1981, Lamine et al., 1996, Cybulski et al., 1975). Em paralelo aos trabalhos teóricos foram desenvolvidos inúmeros trabalhos experimentais na busca por explicações do mecanismo da transferência de calor. Porém, com o crescimento da capacidade computacional, as simulações numéricas vieram a se tornar umas importantes ferramentas nos estudos da fluidodinâmica, transferência de calor e transferência de massa (Wallas, 1991).

A modelagem matemática dos fenômenos de transferência de calor para os gaseificadores de leito fluidizado fluido-sólido envolve os balanços de energia para as fases fluida e sólida. Nesses balanços, os efeitos de convecção térmica, dispersão térmica e transferência de calor fluido-sólido podem ser considerados (Flannery et al., 1992, Kaguei et al., 1982, 19977, Wakao, 1976. Wakao et al., 1981, Dogu e Smith, 1976). Normalmente, as equações de balanços de energia são insuficientes para a solução do problema, no entanto, o número de equações é menor do que o número de incógnitas. Sendo assim, é necessário complementá-las com equações constitutivas obtidas de experimentos independentes.

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o comportamento dinâmico das temperaturas nas fases gasosa e sólida de um gaseificador de leito fluidizado. Por outro lado, têm-se como objetivos específicos investigar pulsos dinâmicos de temperaturas nas fases gasosa e sólida.

2. MODELO MATEMÁTICO

A modelagem matemática pode atuar de forma significativa para explicar o comportamento das temperaturas nas fases gasosa e sólida do gaseificador de leito fluidizado. Neste trabalho, as equações de balanço de energia nas fases gasosa e sólida foram simplificadas com as seguintes restrições: a equação referente a fase gasosa envolve os termos de acumulação térmica na fase gasosa, convecção, dispersão térmica na fase gasosa e transferência de calor gás-sólido, enquanto, equação associada a fase sólida reúne apenas os termos de acumulação térmica na fase sólida e a transferência de calor gás-sólido. Desta forma, as equações de balanços para as fases gasosa e sólida são dadas por:

- Balanço de energia para a fase gasosa;

$$\varepsilon_{fq}\, C_{p,fg}\, \rho_{fg} \frac{\partial T_{fg}}{\partial t} + \frac{\varepsilon_{fg}\, C_{p,fg}\, \rho_{fg}\, Q_{fg}}{A_s} \frac{\partial T_{fg}}{\partial z} = \varepsilon_{fg}\, K_{fg,eff} \frac{\partial^2 T_{fg}}{\partial z^2} - (ha)_{gs} \left(T_{fg} - T_s\right) \qquad (1)$$

– Condições iniciais e de contorno para a fase gasosa;

$$T_{fg}\big|_{t=0} = T_{fg,0} \tag{2}$$

$$K_{fg,eff}\left.\frac{\partial T_{fg}}{\partial z}\right|_{z=0^+} = \frac{\rho_{fg}\, C_{p,fg}\, Q_{fg}}{A_s}\left[T_{fg}\big|_{z=0^+} - T_{fg,0}\right] \tag{3}$$

$$\left.\frac{\partial T_{fg}}{\partial z}\right|_{z=L} = 0 \tag{4}$$

– Balanço de energia para a fase sólida;

$$\varepsilon_s\, C_{p,s}\, \rho_s \frac{\partial T_s}{\partial t} + \frac{\varepsilon_s\, C_{p,s}\, \rho_s G_{t,s}}{A_s}\frac{\partial T_s}{\partial z} = \varepsilon_s\, K_{s,eff}\frac{\partial^2 T_s}{\partial z^2} + (ha)_{gs}\left(T_s - T_g\right) \tag{5}$$

– Condições iniciais e de contorno para a fase gasosa;

$$T_s\big|_{t=0} = T_{s,0} \tag{6}$$

$$K_{s,eff}\left.\frac{\partial T_s}{\partial z}\right|_{z=0^+} = \frac{\rho_s\, C_{p,s}\, G_{t,s}}{A_s}\left[T_s\big|_{z=0^+} - T_{cs,0}\right] \tag{7}$$

$$\left.\frac{\partial T_s}{\partial z}\right|_{z=L} = 0 \tag{8}$$

3. METODOLOGIA NUMÉRICA

As equações do modelo juntamente com as condições de contorno formam um sistema de equações diferenciais parciais (EDPs) acopladas, as quais caracterizam um problema de valores iniciais e de contorno. Estas equações do modelo são bastante complexas para serem resolvidas analiticamente. Assim sendo, empregou-se o método das linhas (ML) para resolver o sistema de EDPs. Este método discretiza as derivadas parciais por métodos tais como diferenças finitas, colocação ortogonal etc., formando assim um sistema de EDOs. O sistema de EDOs foi resolvido com implementação do método de Runge-Kutta Gill (Rice e Do, 1995).

– Balanço de energia para a fase gasosa, discretizado;

$$\varepsilon_{fg}\, C_{p,fg}\, \rho_{fg}\frac{dT_{fg}}{dt} = \frac{\varepsilon_{fg}\, K_{fg,eff}}{2(\Delta z)^2}\left[(T_{fg})_{j-1}^{(k)} - 2(T_{fg})_j^{(k)} + (T_{fg})_{j+1}^{(k)}\right] - \frac{\varepsilon_{fg}\, C_{p,fg}\, \rho_{fg}\, Q_{fg}}{2\,\Delta z\, A_s}\left[(T_{fg})_{j+1}^{(k)} - (T_{fg})_{j-1}^{(k)}\right] - (ha)_{gs}\left[(T_{fg})_j^{(k)} - (T_s)_j^{(k)}\right] \tag{9}$$

– Condições iniciais e de contorno para T_{fg}, discretizada

$$\left(T_{fg}\right)_j^{k=0} = T_{fg,0} \tag{10}$$

$$\left(T_{fg}\right)_{j+1}^{(k)} = \left(\frac{2A_s K_{fg,eff}}{2A_s K_{fg,eff} - \rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}\right)\left[\frac{2A_s K_{fg,eff} + \rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}{2A_s K_{fg,eff}}\left(T_{fg}\right)_j^{(k)} - \frac{\rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}{2A_s K_{fg,eff}} T_{fg,0}\right] \quad (11)$$

$$\left(T_{fg}\right)_{j-1}^{(k)} = \left(\frac{2A_s K_{fg,eff}}{2A_s K_{fg,eff} + \rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}\right)\left[\frac{2A_s K_{fg,eff}}{2A_s K_{fg,eff} - \rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}\left(T_{fg}\right)_j^{(k)} + \frac{\rho_{fg} C_{P,fg} Q_{fg} \Delta z}{2A_s K_{fg,eff}} T_{fg,0}\right] \quad (12)$$

$$\left(T_{fg}\right)_N^{(k)} = \left(T_{fg}\right)_{N-1}^{(k)} \quad (13)$$

– Balanço de energia para a fase sólida, discretizado;

$$\varepsilon_s C_{P,s} \rho_s \frac{dT_s}{dt} = \frac{\varepsilon_s K_{s,eff}}{(\Delta z)^2}\left[\left(T_s\right)_{j-1}^{(k)} - 2\left(T_s\right)_j^{(k)} + \left(T_s\right)_{j+1}^{(k)}\right] - \frac{\varepsilon_s C_{p,s} \rho_s G_{t,s}}{2\,\Delta z\, A_s}\left[\left(T_s\right)_{j+1}^{(k)} - \left(T_s\right)_{j-1}^{(k)}\right] + (ha)_{gs}\left[\left(T_{fg}\right)_j^{(k)} - \left(T_s\right)_j^{(k)}\right] \quad (14)$$

– Condições iniciais e de contorno para T_s, discretizada;

$$\left(T_s\right)_j^{k=0} = T_{s,0} \quad (15)$$

$$\left(T_s\right)_{j+1}^{(k)} = \left(\frac{2A_s K_{s,eff}}{2A_s K_{s,eff} - \rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}\right)\left[\frac{2A_s K_{s,eff} + \rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}{2A_s K_{s,eff}}\left(T_s\right)_j^{(k)} - \frac{\rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}{2A_s K_{s,eff}} T_{s,0}\right] \quad (16)$$

$$\left(T_s\right)_{j-1}^{(k)} = \left(\frac{2A_s K_{s,eff}}{2A_s K_{s,eff} + \rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}\right)\left[\frac{2A_s K_{s,eff}}{2A_s K_{s,eff} - \rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}\left(T_s\right)_j^{(k)} + \frac{\rho_s C_{P,s} G_{t,s} \Delta z}{2A_s K_{s,eff}} T_{s,0}\right] \quad (17)$$

$$\left(T_s\right)_N^{(k)} = \left(T_s\right)_{N-1}^{(k)} \quad (18)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As equações de balanço de energia caracterizam as temperaturas nas fases gasosa e sólida. Estas equações foram resolvidas com implementação do Método das Linhas (ML), usando a técnica das diferenças finitas para discretizar as derivadas parciais. Desta forma, as equações discretizadas formam um sistema de EDOs, caracterizando um problema de valor inicial (PVI). Na sequência, desenvolveu-se um programa computacional na linguagem Fortran 90 com aplicação do algoritmo de Range - Kutta Gill para fornecer os resultados das variáveis Tfg e Ts. A alimentação do programa foi realizada com os parâmetros constitutivos provenientes de experimentos independentes conforme as segue na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Parâmetros Complementares para a simulação (Fan et al., 2003).

Parâmetros	Valores	Parâmetros	Valores
ε_{fg}	0,57	$K_{fg,\,eff}$	$1,54x10^{-2}$
$C_{p,\,fg}$	6,54	$(ha)_{gs}$	23,72
ρ_{fg}	0,06789	ε_s	0,79
$Q_{fg,0}$	$1,5x10^{-5}$	$C_{p,\,s}$	12,56
A_s	156,76	ρ_s	1085
$G_{t,\,s,0}$	10,00	$K_{s,\,eff}$	$2,67x10^{-1}$
$T_{fg,0}$	250°C	$T_{s,0}$	400°C

As Figuras (1) e (2) apresentam os perfis de temperaturas para a fase fluida gasosa (T_{fg}) e para a fase sólida (T_s) ao longo da zona de gaseificação. Nessas, verificou-se que à medida que o tempo aumenta, as temperaturas (T_{fg}) e (T_s) também aumentam. Além disso, observou-se que em ± 15 cm as temperaturas (T_{fg}) e (T_s) comeram a se manter constantes até 30 cm. O crescimento das temperaturas (T_{fg}) e (T_s) é favorecido devido o aumento do efeito de agitação molecular produzido pela liberação de energia das reações químicas que ocorrem nas zonas de combustão e redução. Vale ressaltar, que essas duas zonas formam a região de gaseificação que é o objetivo deste trabalho.

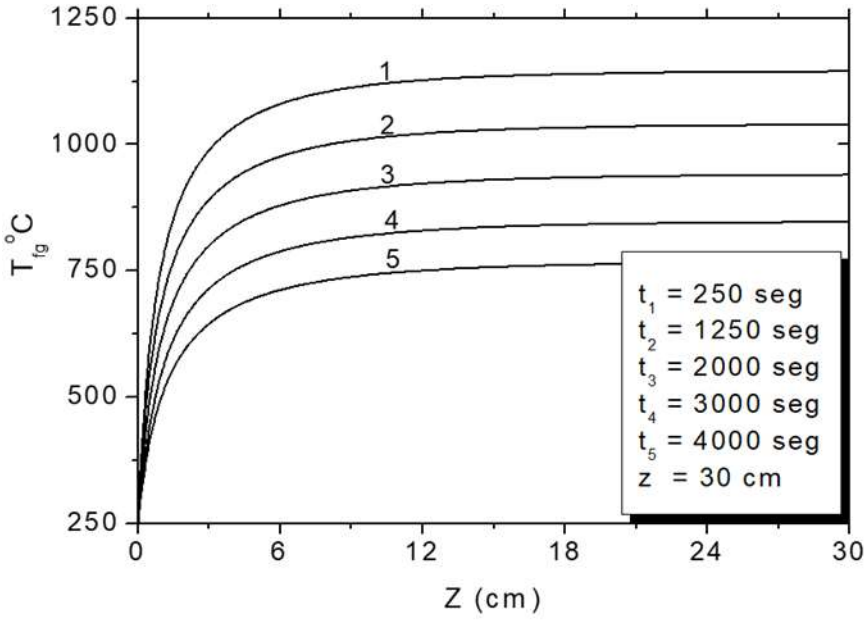


Figura 1: Perfis da temperatura do fluido gasoso no gaseificador de leito fluidizado em contracorrente ao longo do comprimento da região de gaseificação.

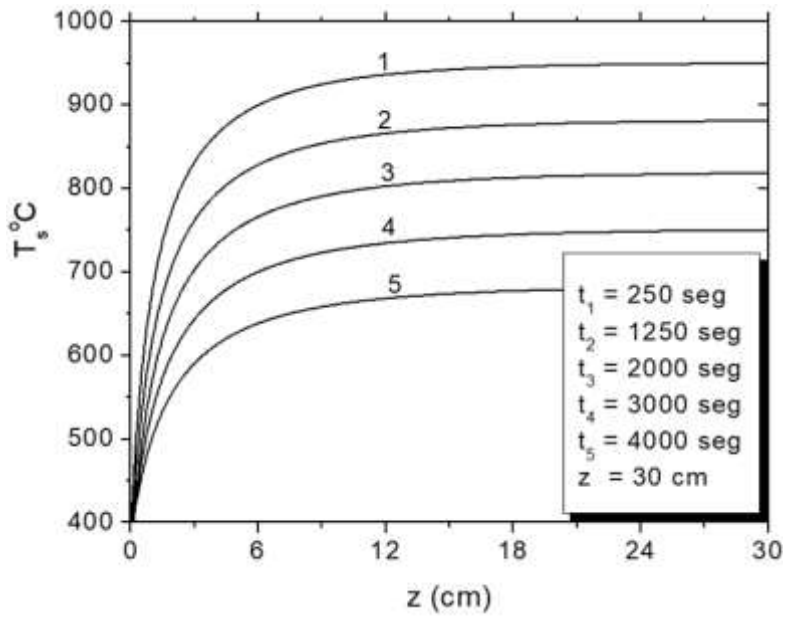


Figura 2: Perfis da temperatura do sólido no gaseificador de leito fluidizado em contracorrente ao longo do comprimento da região de gaseificação.

Na região de gaseificação, realizou-se a simulação de 16 experimentos numéricos para quantificar as temperaturas médias do fluido gasoso e do sólido. Cada temperatura média do fluido gasoso e do sólido foi quantificada com relação a cada tempo discreto conforme a Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Resultados dos Experimentos Numéricos da Simulação do Fluido Gasoso e do sólido

t (seg.)	$(T_{fg})^{Méd}$ °C	$(T_s)^{Méd}$ °C
250	1089,903	909,852
500	987,831	841,162
750	891,669	779,693
1000	801,367	372,827
1250	725,584	714,491
1500	660,345	683,326
1750	586,36	620,412
2000	540,234	580,013
2250	492,727	539,705
2500	440,123	500,805
2750	389,167	463,001
3000	355,912	430,913
3250	330,725	400,814
3500	295,212	345,915
3750	265,809	322,012
4000	240,778	301,146

Os resultados dos experimentos numéricos mostrados na Tabela (2) foram usados para analisar as funções densidades de distribuição das temperaturas (T_{fg}) e (T_s). As funções densidades de distribuição propostas para prevê o comportamento dos experimentos numéricos dadas pelas seguintes equações:

$$T_{fg}(t) = \lambda_1 e^{\lambda_2 t} \quad (19)$$

$$T_s(t) = \lambda_3 e^{\lambda_4 t} \quad (20)$$

As Figuras (3) e (4) relataram uma análise comparativa entre os experimentos numéricos da Tabela (2) e os quantificados pelas Equações (19) e (20). Os ajustes das funções densidades de distribuição das temperaturas (T_{fg}) e (T_s), mostrados nas Figuras (3) e (4), são bastante satisfatórios, caracterizando uma distribuição das temperaturas (T_{fg}) e (T_s) na região de gaseificação. Essas distribuições de temperaturas têm um efeito importante no processo das reações que ocorrem na região de gaseificação. As Figuras (3) e (4) relataram uma análise comparativa entre os experimentos numéricos da Tabela (2) e os quantificados pelas Equações (17) e (18). Os ajustes das funções densidades de distribuição das temperaturas (T_{fg}) e (T_s), mostrados nas Figuras (3) e (4), são bastante satisfatórios, caracterizando uma distribuição das temperaturas (T_{fg}) e (T_s) na região de gaseificação. Essas distribuições de temperaturas têm um efeito importante no processo das reações que ocorrem na região de gaseificação.

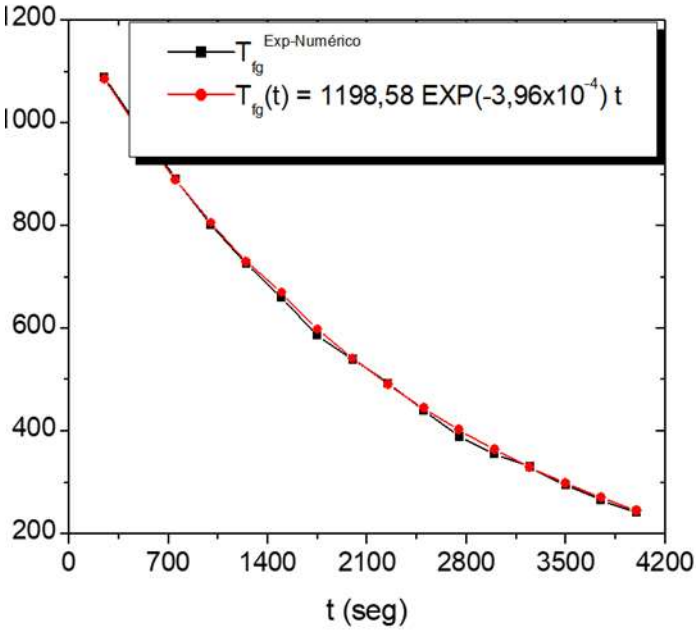


Figura 3: Análise comparativa dos experimentos numéricos obtidos para o fluido gasoso e os resultados obtidos pela função densidade de distribuição [Tfg(t)] proposta para o fluido gasoso no gaseificador de leito fluidizado em contracorrente ao longo do comprimento da região de gaseificação.

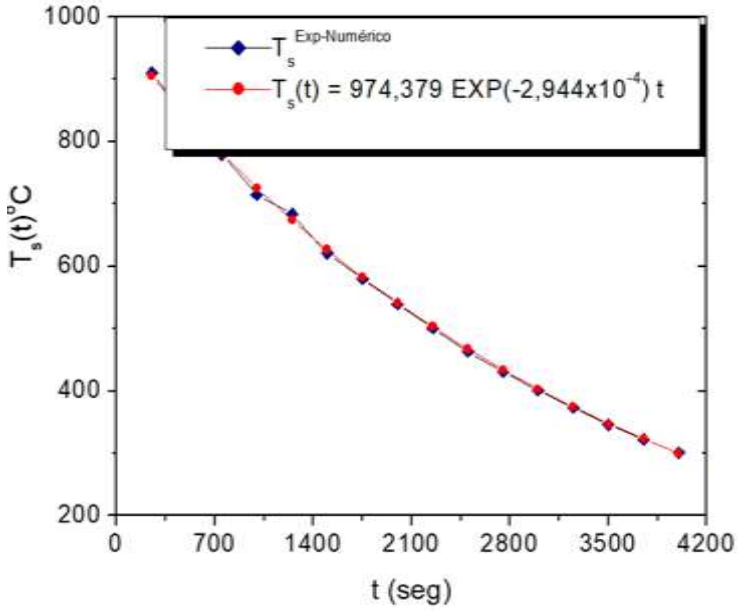


Figura 4: Análise comparativa dos experimentos numéricos obtidos para o sólido e os resultados obtidos pela função densidade de distribuição [Ts(t)] proposta para o sólido no gaseificador de leito fluidizado em contracorrente ao longo do comprimento da região de gaseificação.

5. CONCLUSÕES

O estudo mostrado neste trabalho permitiu analisar o comportamento das temperaturas do fluido gasoso e sólido na região de gaseificação, como também verificar o efeito da distribuição de T_{fg} e T_s na zona de gaseificação. Desta forma, pode-se apresentar as seguintes conclusões:

1. As temperaturas T_{fg} e T_s aumentam com a diminuição do tempo, isto porque as reações químicas que ocorrem na zona de gaseificação liberam uma grande quantidade de energia de forma muito rápida.
2. A distribuição das temperaturas T_{fg} e T_s na região de gaseificação diminui com o aumento do tempo.

NOMENCLATURA

A_s Área específica, m^{-1}

$C_{P,fg}$ Capacidade calorífica da fase gasosa, J/kg K

$C_{P,s}$ Capacidade calorífica da fase sólida, J/kg K

$G_{t,s}$ Vazão de sólido, kg/h

$(ha)_{gs}$ Coeficiente de transferência de calor gás-sólido, J/m^3 K s

$K_{fg,eff}$ dispersão térmica do fluido gasoso, W/m K

$K_{s,eff}$ dispersão térmica do sólido, W/m K

Q_{fg} Vazão da fase gasosa, m^3/s

T Coordenada temporal, s

T_{fg} Temperatura da fase gasosa ^oC

T_s Temperatura da fase sólida ^oC

z Coordenada espacial, m

Letras Gregas

ε_{fg} Fração de vazio do fluido gasoso

ε_s Fração de vazio do sólido

ρ_{fg} Densidade do fluido sólido, kg/m^3

ρ_s Densidade da fase sólida, kg/m^3

λ_i, Parâmetros das Equações (17) e (18), i = 1, 2, 3 e 4

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. Z.; HUSAM, Z.; YIN PONG, S. L., (2003), "Analysis of coal flow fluidization test results for various biomass fuels, Biomass & Bioenergy, v. 24, p. 487-494.

BASU, P., (1999), "Combustion of coal circulating fluidized-bed boilers: a review." Chem. Eng. Sci, v. 54, p. 5545-5557.

BROADHURST, T. E.; BECKER, H. A.; (1975), "Onset of fluidization and slugging in beds of uniform particles, Aiche., v.21, p. 238-247

CALLEJA, G.; SAROFIM, A. F.; GEORGAKIS, C., (1981),"Effect of char gasification order on the bounding solutions for char combustion", Chem. Eng. Sci., v.36, p. 919-929.

CUI, H. P.; MOSTOUFI, N.; CHAOUKI, J., (2000), "Characterization of dynamic gas-solid distribuition in fluidized bed", v. 79, p. 135.

FAN, R.; MARCHISIO, D. L.; FOX, R. O. (2003) "CFD Simulation of polydisperse fluidized-bed polymerization reactors", Sweeney hall, USA.

GABRA, M.; PETTERSSON, E.; BACKMAN, R.; KJELLSTROM, B, (2001), "Evaluation of cyclone gasifier performance for gasification of sugar cane residue-Part I: gasification of bagasse", Biomass & Bioenergy, v. 21, p. 351-369.

LEVENSPIEL, O., (2002), "Modeling in chemical engineering", Chem. Eng. Sci, v. 57, p. 4691-4696.

RICE, G.; DO, D. D., (1995), Applied Mathematics and Modeling for chemical engineers, John Wiley, cap. 7, p. 257.

SYAMLAL, M.; ROGERS, W.; O'BRIEN, T. J., (1993), MFIX Documentation: Theory Guide, U. S. Department of Energy, Morgantown, West Viginia.

SCALA, F.; SALATINO, P., (2000), "Modelling fluidized bed combustion of high-volatile solid fuels", Chem. Eng. Sci, v. 57, p. 1175 – 1196.

VASCONCELOS, S. M.; SILVA, J. D.; LUCENA, S., (2003), "Modelagem e simulação de um reator de leito fixo para produção de gás de síntese via oxidação parcial do gás", 1o Congresso de P&D de Petróleo e Gás da UFPE, p. 342-347.

SIT, S. P. AND GRACE, R., (1981), "Effect of bubble interaction on interphase mass transfer in gas fluidized beds", Chem. Eng. Sci, v. 36, p. 327-335.

XIU, G. H.; LI, P.; ALIRIO, E.R., (2002) "Sorption-enchanced reaction process with reactive regeneration" Chem. Eng. Sci, v. 57, p. 3893 – 3908.

Capítulo 22

10.37423/231008288

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROCESSO DE COMBUSTÃO PARA UM GASEIFICADOR DE LEITO FLUIDIZADO GÁS-SÓLIDO: AVALIAÇÃO DAS ESPÉCIES QUÍMICAS

Ademir Ferreira da Rocha — *Universidade de Pernambuco*

Jornandes Dias da Silva — *Universidade de Pernambuco*



Resumo: O processo de gaseificação é definido como a conversão de qualquer combustível sólido ou líquido em um gás energético a elevada temperatura. Esse processo ocorre nas zonas de redução e combustão de um gaseificador de leito fluidizado (GLF). A análise periódica das espécies químicas presentes na zona de combustão dos GLFs podem ser analisadas a partir de modelos matemáticos desenvolvidos para cada uma das espécies químicas C, O_2 e CO_2. Os modelos matemáticos podem avaliar, de forma significativa, o comportamento das espécies químicas existentes na zona de combustão. Nessa zona, o conhecimento dos fenômenos transferências de momento, energia, massa e os processos cinéticos são de grande relevância na análise do processo do GLF. Os gases gerados pelas reações químicas, na zona de combustão, retornam-se a superfície das partículas de biomassa pelo fenômeno de transferência de massa, seguindo para a massa principal do gás circulante a essas partículas. Desta forma, este trabalho teve como objetivos validar o código computacional desenvolvido para este trabalho, analisar o comportamento das espécies C, O_2 e CO_2. Além disso, realizou-se também uma análise de sensibilidade com as vazões de entrada do fluido gasoso e do sólido.

Palavras-chave: Gaseificação, leito fluidizado, modelos, combustão, transferência

1. INTRODUÇÃO

Resíduos agrícolas, e mais especificamente biomassa, representam um atrativo em potencial para a produção de energia, tendo a vantagem de possuir baixo custo, fácil acesso e por apresentar neutralidade do ponto de vista ambiental. Minimizar custos e produzir energia limpa usando o bagaço requer as mais novas tecnologias de conversão de energia quando comparados aos tradicionais combustores de queima de produtos. Contudo, o bagaço, por sua natureza fibrosa, baixa densidade volumétrica e alta umidade é um combustível difícil e pode não ser usado diretamente em combustores de leito fluidizado, os quais são, atualmente, os métodos mais eficientes de conversão de biomassa em energia. Uma alternativa válida para o processo de combustão do bagaço é a tecnologia de gaseificação.

Esta tecnologia envolve um processo de integração, gaseificador de leito fluidizado/turbina a gás (GLF/TG) num ciclo combinado (Brayton/Rankine). O gaseificador de leito fluidizado envolve uma fase sólida (bagaço de cana) e outra gasosa (ar). A fase sólida pode ser inserida lateralmente no leito e o ar introduzido pelo fundo por intermédio de um soprador e distribuído uniformemente ao longo do leito por meio de uma placa distribuidora.

Durante o processo de gaseificação, o leito se divide em 3 partes principais: a zona de combustão, a zona de redução e a zona de “freeboard”. Na zona de combustão, o carbono fixo presente na biomassa reage com o oxigênio do ar que é introduzido. Essa região atinge o uma faixa de temperatura entre 960-1430°C, que irá servi justamente para fornecer calor para a zona subsequente. A zona subsequente, ou seja, a zona de redução se mantém a uma temperatura de 800-960°C e é nela onde são introduzidos os gases combustíveis a fim de que ocorra a formação do gás de síntese (uma combinação de CO_2 e H_2). As primeiras e segundas zonas constituem a zona de fluidização. A terceira é última zona, a zona de “freeboard”, não processa mais reações, apenas ocorrem nela processos físicos tais como desvolatilização e secagem dos produtos finais.

A química que envolve o processo de gaseificação é muito complexa. Contudo, a análise dos componentes da região de combustão envolve equações de balanço para as espécies C, O_2 e CO_2, formando um sistema de equações diferenciais parciais (EDP’s) acopladas. Este sistema pode ser solucionado por diversos métodos conhecidos da literatura, que têm por objetivo discretizar as derivadas parciais. Podemos incluir o método das diferenças finitas, elementos finitos ou colocação ortogonal. No entanto, podemos utilizar uma técnica híbrida (semi-analítica) conhecida por

transformada de Fourier, uma vez que, essa técnica permite quantificar as variáveis de estado do problema em menor tempo computacional.

2. MODELO MATEMÁTICO CINÉTICO

As taxas dos componentes da reação de combustão são desenvolvidas a partir da taxa global da reação de combustão. Vale ressaltar, que a reação para o processo de combustão é dada pela seguinte reação química:

$$C_{(s)} + O_2 \rightarrow CO_2 \tag{I}$$

A taxa global da reação (I) é dada pelo seguinte modelo matemático cinético:

$$R_I = K_{ref.,0}\ Exp\left[-\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{T_{ref,0}}\right)\right]C_c \tag{1}$$

As taxas dos componentes são quantificadas a partir da taxa global desenvolvida para a reação (I). Assim, as taxas dos componentes são dadas como:

$$R_C = -R_I \tag{2}$$

$$R_{O_2} = -R_I \tag{3}$$

$$R_{CO_2} = +R_I \tag{4}$$

3. MODELO MATEMÁTICO DE SIMULAÇÃO

Modelos matemáticos são desenvolvidos para cada um dos componentes com a finalidade de analisar o comportamento de cada um deles. Desta forma, as equações de balanço massa para as espécies químicas C, O2 e CO2 são escritas pela seguinte forma: Modelos matemáticos são desenvolvidos para cada um dos componentes com a finalidade de analisar o comportamento de cada um deles. Desta forma, as equações de balanço massa para as espécies químicas C, O2 e CO2 são escritas pela seguinte forma:

- Balanço de massa para a espécie CO2;

$$\frac{\partial(\rho_{fg}Y_{CO_2})}{\partial t}+\frac{Q_{fg}}{A_r}\frac{\partial(\rho_{fg}Y_{CO_2})}{\partial z}=D_{ef,CO_2}\frac{\partial^2(\rho_{fg}Y_{CO_2})}{\partial z^2}+\frac{RTg}{P}r_{CO_2} \tag{5}$$

- Condições inicial da Equação 5 é dada como:

$$Y_{CO_2}\big|_{t=0}=\delta(z-z_0) \tag{6}$$

- Balanço de massa para a espécie O2;

$$\frac{\partial(\rho_{fg} Y_{O_2})}{\partial t} + \frac{Q_{fg}}{A_r}\frac{\partial(\rho_{fg} Y_{O_2})}{\partial z} = D_{ef,O_2}\frac{\partial^2(\rho_{fg} Y_{O_2})}{\partial z^2} - \frac{RTg}{P} r_{O_2} \quad (7)$$

– Condições inicial da Equação 7 é dada como:

$$Y_{O_2}\big|_{t=0} = \delta(z - z_0) \quad (8)$$

– Balanço de massa para a espécie C;

$$\frac{\partial(\rho_S Y_C)}{\partial t} + \frac{F_s}{A_s}\frac{\partial(\rho_S Y_C)}{\partial z} = D_{ef,C}\frac{\partial^2(\rho_g Y_C)}{\partial z^2} - 3\frac{RTg}{P} r_C \quad (9)$$

– Condições inicial da Equação 9 é dada como:

$$Y_C\big|_{t=0} = \delta(z - z_0) \quad (10)$$

4. APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA DE FOURIER

As Equações Diferenciais Parciais (EDPs) de (5) a (10) formam um sistema de (EDPs) para os componentes CO2, O2 e C. Este sistema de (EDPs) foi resolvido com a aplicação da transformada de Fourier, transformando-o em um sistema de equações diferenciais ordinárias. As soluções formais para a implementação da transformada de Fourier são dadas pelas seguintes expressões:

$$\Psi_{CO_2}(z,t) = \sum_{n=1}^{N} b_{CO_2}(t)\, sen\left(\frac{n\pi}{L}\right) z \quad (11)$$

$$\Psi_{O_2}(z,t) = \sum_{n=1}^{N} b_{O_2}(t)\, sen\left(\frac{n\pi}{L}\right) z \quad (12)$$

$$\Psi_{C}(z,t) = \sum_{n=1}^{N} b_{C}(t)\, sen\left(\frac{n\pi}{L}\right) z \quad (13)$$

As equações de (11) a (13) são derivadas uma vez em relação ao tempo e duas vezes em relação à posição e, logo em seguida, substituídos na equação principal do balanço de massa. Dessa forma, as EDP's são transformadas em EDO's.

$$\frac{db_{n,CO_2}(t)}{dt} = \gamma_1 b_{n,CO_2}(t) + \gamma_2 b_{n,C}(t) b_{n,O_2}(t) \quad (14)$$

Onde,

$$\gamma_5(z) = \sum_{n=1}^{N}\left[-\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 D_{eff,C} - \frac{F_s}{A_s}\left(\frac{n\pi}{L}\right)\cot g\left(\frac{n\pi}{L}\right) z\right]$$

$$\gamma_6(z) = -\frac{R\cdot T_g}{P} k_r \sum_{n=1}^{N}\left[sen\left(\frac{n\pi}{L}\right) z\right]$$

As equações de (14) a (16) foram resolvidas pelo método de Runge-Kutta Gill com a implementação de um código desenvolvido na linguagem Fortran 90.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A solução do modelo desenvolvido forneceu os comportamentos da fração molar dos reagentes e do produto em função do tempo na saída da zona de combustão do gaseificador de leito fluidizado. Os dados utilizados para a alimentação do código computacional desenvolvido estão apresentados na Tabela (1) abaixo.

Tabela 1: Parâmetros Usados na Validação nas Simulações

Símbolos	Nomes	Valores/Unidades
A_r	Área da seção de combustão do gaseificador	0,20 m^2
Q_{fg}	Vazão do fluido gasoso	0,125 m^3/s
F_s	Vazão do sólido	0.969 kg/h
$D_{ef, CO2}$	Difusividade efetiva do dióxido de carbono	1.757 cm^2/s
$D_{ef, O2}$	Difusividade efetiva do oxigênio	1,859 cm^2/s
$D_{ef, C}$	Difusividade efetiva do carbono	0,492 cm^2/s
ρ_g	Densidade do gás	24,0 kg/m^3
ρ_s	Densidade do sólido	128 kg/m^3
P	Pressão interna	101,3 kPa
R	Constante dos gases	8,314 J/g·mol·K
L	Altura da zona de combustão do gaseificador	0,20 m
T_{fg}	Temperatura na zona de combustão	960 °C - 1233,15°C
A_s	Área da partícula sólida (carbono)	$2,645x10^{-8}$ m^2
d_{poro}	Diâmetro do poro	10 μm

5.1. VALIDAÇÃO DO CÓDIGO COMPUTACIONAL

A validação do código computacional desenvolvido para esse trabalho foi comprovada por meio da comparação entre os resultados da variação temporal do dióxido de carbono, CO2, obtidos na região de combustão do gaseificador de leito fluidizado gás-sólido em contracorrente (Silva et al, 2006) e os resultados obtidos por meio de uma simulação numérica realizada com o uso do referido código, utilizando as mesmas condições iniciais.

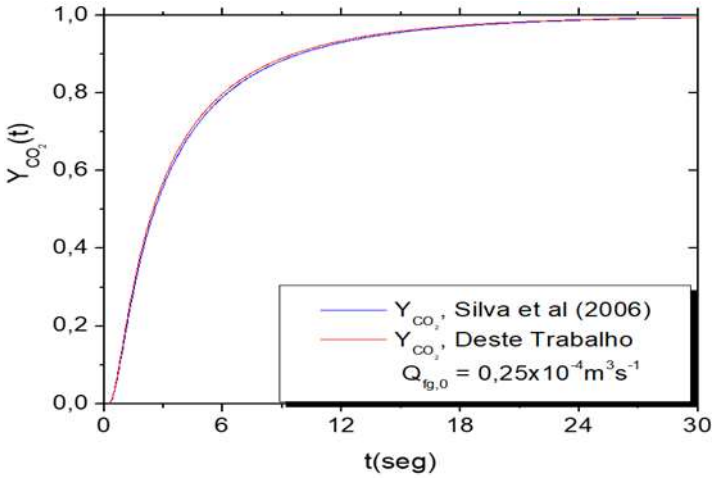


Figura 1: Comparação do dióxido de carbono, CO_2, produzido na zona de combustão

Certificada a validade do referido código computacional, as frações molares dos componentes C, O2 e CO2 foram analisadas para diferentes vazões do fluido gasoso e vazão de sólido conforme as Figuras (2) e (3).

Na Figura (2), apresentam-se os comportamentos das frações molares dos componentes da reação combustão (C, O2 e CO2) em função do tempo na saída da zona de combustão. Como esperado, podemos verificar que a fração do CO2 cresce (produto) à medida que as de C e O2 decrescem (reagente). É fato também que o carbono é o reagente limitante nesta reação, uma vez que, a concentração de CO2 se mantém constante quando a concentração de C fixo cessa.

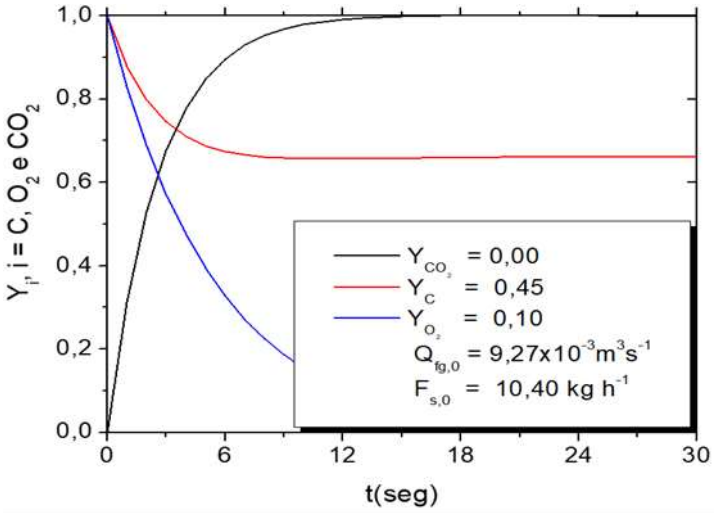


Figura 2: Comportamento dos componentes C, O_2 e CO_2 em função do tempo para vazão do fluido gasoso e vazão do sólido diferentes

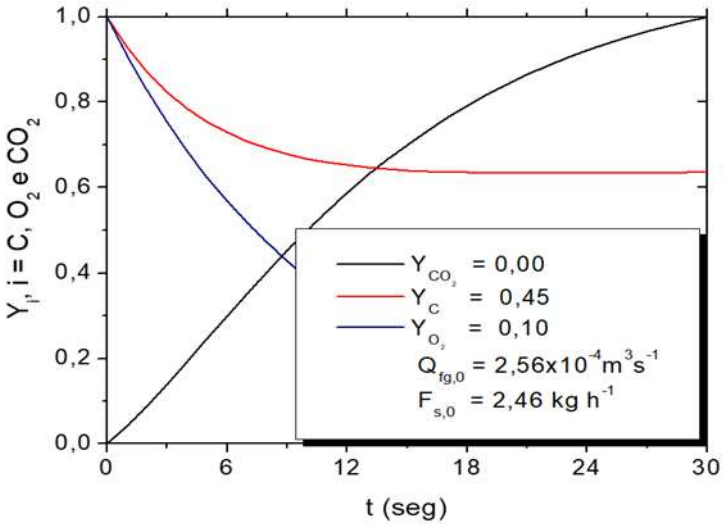


Figura 3: Comportamento dos componentes C, O_2 e CO_2 em função do tempo para vazão do fluido gasoso e vazão do sólido diferentes

Na figura (3), mostram-se os comportamentos das frações molares dos componentes da reação combustão, C, O2 e CO2, em função do tempo na saída da zona de combustão. Como esperado, podemos verificar que a fração do CO2 cresce (produto) à medida que as de C e O2 decrescem (reagente). com uma diminuição de ambas vazões, ocorre uma queda mais suave nas frações molares dos reagentes, C e O2, e um produção mais lenta do dióxido de carbono, CO2.

6.CONCLUSÕES

O estudo realizado neste trabalho permitiu analisar o comportamento das frações molares C, O2 e CO2 na zona de combustão. A análise realizada permitiu a chegar as seguintes conclusões:

1. A validação realizada mostrou uma boa produção de CO2 nas condições operacionais imposta ao sistema.
2. A variação das vazões do fluido gasoso e do sólido influencia na condição operacional do sistema, tornando o modelo sensível a mudança de vazões.

NOMENCLATURA

A_R área da seção de combustão do gaseificador, m^2

D_i difusividade efetiva dos componentes, i = C, O_2 e CO_2, m^3/s

F_s vazão do componente sólido, kg/s

L comprimento da zona de combustão do gaseificador, m

P pressão, kPa

Q_{fg} vazão do fluido gasoso, m^3/s

R constante universal dos gases, J/g·mol·K

r_i taxa de formação/consumo do componente, i = C, O_2 e CO_2

T_{fg} temperatura do fluido gasoso, ^oC

T tempo [s]

Z coordenada espacial do leito fluidizado, m

Y_i fração molar do componente, i = C, O_2 e CO_2

A_s área da partícula sólida, m^{-1}

E energia de ativação, J/mol

Letras Gregas

ρ_{fg} densidade da fase gasosa, kg/m^3

ρ_s densidade da fase sólida, kg/m^3

REFERÊNCIAS

Filippis, P.; Borgianni, C.; Paolucci, M. e Pochetti F. (2004), “Gaseification process of Cuban bagasse in a two-stage reactor”, Biomass and Bioenergy, Vol 27, p.247-252.

Altafini, C. R. (2001) Estudo Computacional dos Ciclos Combinados Gás/Vapor na Cogeração de Calor e Potência. EXATEC: Revista do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET, Caxias do Sul, v. 1, p. 9-26.

Keskitalo, T. J.; Lipiäinen, K. J. T. e Krause, A. O. I. (2006), “Modelling of carbon and hydrogen oxidation kinetics of a coked ferrierite catalyst”, Chemical Engineering Journal, Vol 120, p.63-71.

Welty, J. R.; Wicks, C. E.; Wilson, R. E. e Rorrer, G. (2000), Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc. Oregon.

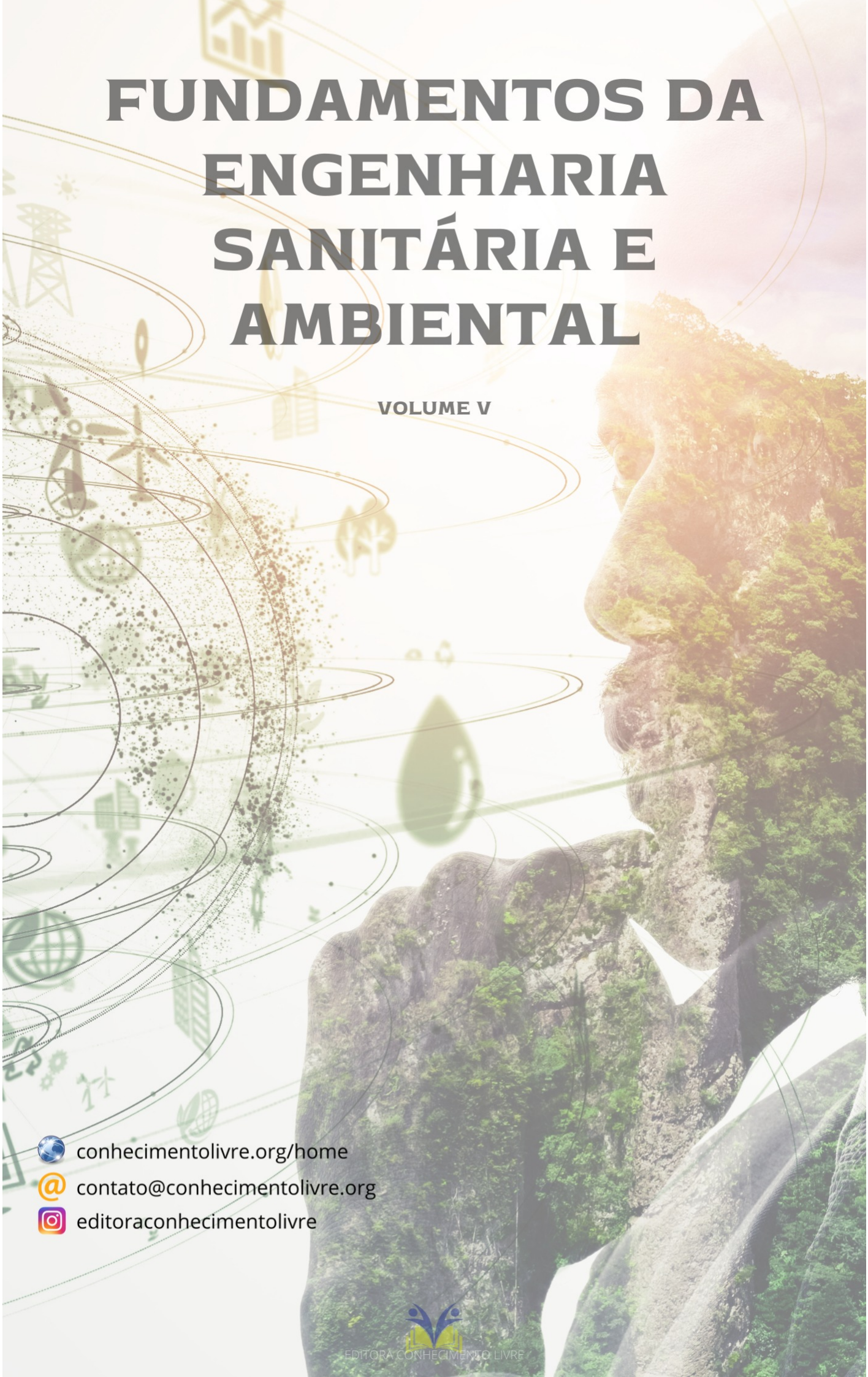
Silva, J. D.; Knoechelmann, A.; Lucena, S. (2006), “Modelagem e Simulação Computacional da Transferência de Energia para um Gaseificador de Leito Fluidizado com Aplicação da Transformada de Fourier”, Trabalho do IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Recife-Pernambuco.

Fan, R.; Marchisio, D. L.; Fox, R. O. (2003), “CFD simulation of polydisperse fluidized-bed polymerization reactors”, Sweeney Hall, USA.

Bokkers G. A., Laverman J. A., Annaland M. V. S. e Kuipers J. A. M. (2006), “Modelling of large-scale dense gas-solid bubbling fluidized beds using a novel discrete bubble model”, Chemical Engineering Science, Vol 61, p.5590-5602.

FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

VOLUME V



conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE