



**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020





**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

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

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

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

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

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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

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

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

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

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

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

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Túllio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-910-3

DOI 10.22533/at.ed.103201301

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Túllio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga. III. Série.

CDD 620.0072

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

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” apresenta dezessete capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas em diversas áreas de engenharia, priorizando as áreas de ecologia, saneamento e saúde.

Nestes capítulos os autores utilizam a pesquisa científica para produzir conhecimento e inovação visando contribuir para bom uso de nossos recursos ambientais, cuidando da saúde de nosso planeta e dos que nele habitam.

A engenharia sendo usada para manejo de nossos mananciais, priorizando a exploração salutar de um de nossos maiores recursos naturais: a água.

A saúde da população sendo analisada pelo viés científico, a fim de orientar as políticas públicas na área.

Esperamos que o leitor faça bom uso das pesquisas aqui expostas e que estas possam embasar novos estudos na área. Boa Leitura!

Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A RELEVÂNCIA DA DISTÂNCIA FÍSICA DA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS NO SETOR JARDIM DAS PEROBEIRAS DE MINEIROS - GO	
Raffael de Carvalho Gonçalves Viviane Caldera Juliana Alves Burgo Godoi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
ANÁLISE DOS REGISTROS DE ACIDENTES DE TRABALHO NA PREVIDÊNCIA SOCIAL EM JUAZEIRO DO NORTE NO PERÍODO DE 2008 A 2018	
Esdras Alex Freire de Oliveira Thays Lorranny da Silva Januário Correio José Gonçalves De Araújo Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS	
Poliana Arruda Fajardo Nemésio Neves Batista Salvador	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS PARA AVALIAR A DISPONIBILIDADE DE UM RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO QUENTE NAS TERMAS DA AREOLA	
Pedro Jorge Coelho Ferreira Luis Manuel Ferreira Gomes Alcino Sousa Oliveira Rui Miguel Marques Moura José Martinho Lourenço	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
FERRAMENTAS DA GESTÃO NA QUALIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DOS SUÍNOS SOB SERVIÇO DE INSPEÇÃO MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUIS – MA	
Herlane de Olinda Vieira Barros Célia Maria da Silva Costa Viviane Correa Silva Coimbra Larissa Jaynne Sameneses de Oliveira Zaira de Jesus Barros Nascimento Michelle Lemos Vargens Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho Nathana Rodrigues Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013015</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>61</b>
GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ESTRATIFICADA POR TERRITÓRIOS DE DESENVOLVIMENTO EM MINAS GERAIS	
Denise Marília Bruschi Juliana Oliveira de Miranda Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013016</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>77</b>
LICENCIAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA DE COLETA, MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DADOS AMBIENTAIS APLICADOS A FERROVIA	
Patricia Ruth Ribeiro Stefani Gabrieli Age Renata Twardowsky Ramalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>87</b>
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE PROCESSOS DE CONTAMINAÇÃO EM MEIOS POROSOS	
Marcelo Lemos da Silva Grazione de Souza Boy	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>101</b>
MODELAGEM DE UM FERMENTADOR CILÍNDRICO PARA O CACAU	
Marcelo Bruno Chaves Franco Jorge Henrique de Oliveira Sales Rafaela Cristina Ferreira Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1032013019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>115</b>
O NASCIMENTO DE UMA NOVA ÁGUA MINERAL PARA TERMALISMO E ASPETOS BÁSICOS PARA O ESTABELECIMENTO DE SUAS INDICAÇÕES TERAPÊUTICAS: O CASO DAS TERMAS DE SÃO MIGUEL EM PORTUGAL	
Luís Manuel Ferreira Gomes Luís José Andrade Pais Paulo Eduardo Maia de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>129</b>
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONSTITUINTES METÁLICOS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ECOSSISTEMA LÊNTICO	
Maria da Graça Vasconcelos Hugo Gomes Amaral Arthur Dias Freitas Angélica Pereira da Cunha Bruna Fernanda Faria Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130111</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>140</b>
PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO BIOMA CERRADO EM ÁREAS DEGRADADAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁGUAS EMENDADAS – ESECAE, DISTRITO FEDERAL	
<p>Maria Goreth Goncalves Nobrega  Henrique Cruvinel Borges Filho  Vladimir de Alcântara Puntel Ferreira</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>154</b>
PROPOSTA DE BANCO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL DE MATA CILIAR EM TRECHO DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO.	
<p>Marcelo Bento Nascimento da Silva  Ives Simões Arnone  Hugo Portocarrero</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>167</b>
PURIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LACASES PRODUZIDAS POR <i>Pleurotus ostreatus</i> EM CULTIVO SÓLIDO	
<p>Juliana Cristina da Silveira Vieira  Verônica Távilla Ferreira Silva  Ezequiel Marcelino da Silva  Adriane Maria Ferreira Milagres</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>185</b>
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO DA CERÂMICA - CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE	
<p>Albertina Amélia Alberto Nhavoto António Guerner Dias  Daniel Agostinho  Nivaldo Alfredo José Zandamela</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>198</b>
RECOMENDAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA O MUNICÍPIO DE SINOP-MT	
<p>Emília Garcez da Luz  Cristiane Rossato Candido  Érika Fernanda Toledo Borges Leão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>212</b>
RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: COLETA E TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL	
<p>Marcela Avelina Bataghin Costa  Fernando Antonio Bataghin  Tatiane Fernandes Zambrano  Rita de Cássica Arruda Fajardo</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130117</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>226</b>
<b>USO DE GEOCÉLULA PEAD E GABIÃO TIPO COLCHÃO COMO REVESTIMENTOS DE CANAIS PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS DE REJEITO</b>	
Rafael Freitas Rodrigues	
Michel Moreira Morandini Fontes	
João Augusto de Souza Pinto	
Luiz Henrique Resende de Pádua	
Luany Maria de Oliveira	
Cristian Chacon Quispe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.10320130118</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>237</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>238</b>

## CONTRIBUIÇÃO PARA O PROCESSO DE MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA FASE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Data de aceite: 02/12/2019

### **Poliana Arruda Fajardo**

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Urbana  
São Carlos - SP

### **Nemésio Neves Batista Salvador**

Universidade de Araraquara - Uniara, Programa  
de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial  
e Meio Ambiente  
Araraquara - SP

**RESUMO:** As Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs) devem, dependendo do seu porte, ser submetidas ao processo de Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em função do seu potencial de gerar significativos impactos ambientais. O monitoramento destes impactos na fase operacional das ETEs é, portanto, fundamental, pois se não realizado, contradiz um dos objetivos principais de um estudo de impacto ambiental. Contudo, pesquisas acadêmicas nacionais e internacionais têm identificado dificuldades em relação a esse monitoramento. O objetivo deste trabalho é abordar e discutir aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação de ETEs, tendo como estudo de caso uma ETE do interior de São Paulo, para

cuja implantação foi elaborado um Relatório Ambiental Preliminar (RAP), que consiste num estudo de impacto ambiental menos detalhado. Para tanto, foram realizadas visitas à estação, visando o registro de observações das etapas de tratamento e de material fotográfico como auxílio à coleta, interpretação e análise dos dados. O RAP da ETE apresenta cinco parâmetros de valoração dos impactos ambientais potenciais, identificados nas fases de planejamento e licenciamento ambiental, construção e operação e monitoramento, entre os quais a abrangência (local, regional e global - esta considerada inexistente pelo RAP). Entretanto, as observações realizadas neste trabalho permitiram a identificação de significativos impactos ambientais potenciais, tanto locais quanto de abrangência global, não abordados no RAP. Considera-se que os resultados obtidos podem subsidiar a elaboração de outros estudos de impacto ambiental de ETEs em relação à utilização e aprimoramento dos seus planos de monitoramento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento ambiental. Impactos ambientais. Avaliação de Impacto Ambiental. Licenciamento Ambiental. Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

CONTRIBUTION TO THE ENVIRONMENTAL IMPACTS MONITORING PROCESS IN THE

**ABSTRACT:** Wastewater Treatment Plants (WWTPs), depending on its size, must be submitted to the Environmental Licensing process with Environmental Impact Assessment (EIA), due to its potential in generating significant environmental impacts. Then, the post implementation monitoring in the operational stage is fundamental, since that if not performed it contradicts one of the main objectives of an environmental impact study. However, national and international academic studies have identified difficulties regarding the post implementation monitoring. The objective of this work is to approach and discuss some aspects of the WWTP post implementation monitoring, having as a case study a WWTP in the São Paulo State, which was subjected to a Preliminary Environmental Report (PER), a less detailed environmental impact study. In this way, visits were made to the WWTP in order to register observations of the treatment stages, as well as getting photographic material to aid in the collection, interpretation and analysis of data. The PER of the WWTP presents five valuation parameters of the potential environmental impacts, identified in the phases of planning and environmental licensing, construction and operation and monitoring, among which the scope (local, regional and global – this one considered absent by the PER). However, the observations carried out in this study allowed the identification of significant potential environmental impacts, both local and global, not addressed in the PER. It's considered that the results obtained can support the elaboration of other environmental impact studies of WWTPs, regarding the use and improvement of its monitoring plans.

**KEYWORDS:** Environmental Monitoring. Environmental Impacts. Environmental Impact Assessment. Environmental Licensing. Wastewater Treatment Plant.

### 1 | INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs) devem ser submetidas ao processo de Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em função do seu potencial de gerar significativos impactos ambientais negativos.

No processo de AIA, a etapa de monitoramento pós-implantação de empreendimentos como as ETEs é importante para a efetivação do estudos de impacto ambiental, pois não há sentido em se realizar estes estudos para previsão de impactos ambientais se esse não for utilizado posteriormente para mitigar ou evitar os impactos ambientais negativos e intensificar os positivos.

Além disso, impactos ambientais negativos não previstos nos estudos de impacto ambiental podem surgir e é necessário que os empreendimentos adotem ações adequadas de mitigação, o que reforça a importância das atividades de monitoramento. Contudo, trabalhos acadêmicos nacionais e internacionais, como Barker e Wood (1999), Glasson e Salvador (2000), Dias (2001), Gallardo (2004), Ramjeawon e Beedassy (2004), Munno (2005), Noble e Storey (2005), Ahammed e Nixon (2006), Nadeem e Hameed (2008), Santos (2011), Pölönen, Hokkanen e

Jalava (2011) e Panigrahi e Amirapu (2012), têm identificado dificuldades em relação ao monitoramento pós-implantação.

No caso das ETEs, embora ainda haja no Brasil uma grande lacuna entre o esgoto sanitário coletado e o que efetivamente é tratado, muitas cidades já possuem estações de médio ou grande porte que podem causar, sobretudo, impactos ambientais negativos à população, sejam de origem operacional ou advindos dos resíduos e rejeitos gerados nos processos de tratamento.

Neste sentido, mesmo os impactos ambientais negativos das ETEs que causam danos diretos ao meio físico e à sua biota atingem indiretamente a população com frequência, como por exemplo, a possível contaminação de águas subterrâneas e, conseqüentemente, de poços de abastecimento, bem como os incômodos causados pela emissão de gases com odor ofensivo.

O monitoramento pós-implantação em ETEs, tendo em vista as informações contidas em um estudo de impacto ambiental - como o Plano de Monitoramento e os impactos previstos - é, portanto, fundamental para que se evitem ou minimizem os impactos ambientais causados pelas estações.

Assim, neste trabalho são apresentados e discutidos aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação em uma ETE do interior do estado de São Paulo, objeto de um Relatório Ambiental Preliminar (RAP). O foco estabeleceu-se na abrangência dos impactos (local, regional e global), um dos cinco parâmetros de valoração dos impactos ambientais potenciais da estação, que foram identificados em suas fases de planejamento e licenciamento ambiental, construção e operação e monitoramento.

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é abordar aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação de ETEs, tendo como estudo de caso uma ETE do interior do estado de São Paulo.

## 3 | MÉTODO

Foram realizadas visitas à ETE estudada para o registro de observações nas etapas de tratamento, bem como de material fotográfico como auxílio à coleta, interpretação e análise dos dados. A sistematização dos dados foi realizada em um quadro, elaborado com base na Tabela A.1 da NBR ISO 14004:2005 (ABNT, 2005), a partir do qual é possível que se comparem os impactos observados *in loco* com os impactos ambientais previstos no RAP.

## 4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

A ETE pesquisada apresenta as seguintes etapas de tratamento: tratamento preliminar (gradeamentos grosseiro e fino, desarenação e reator para degradação/remoção de gorduras e óleos); tratamento primário (digestão anaeróbia por reatores de manta de lodo e fluxo ascendente - UASB); tratamento secundário (flotação por ar dissolvido); tratamento terciário (desinfecção do efluente final com radiação ultravioleta - UV); pós- aeração dos esgotos tratados em escada hidráulica e desidratação dos lodos por meio de centrifugação. Além disso, o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) produzido pelas reações anaeróbias dos reatores UASB é direcionado para queimadores do tipo flare (Figura 1).

No processo de Licenciamento com AIA da ETE foi elaborado um RAP, que utilizou como instrumento de identificação e avaliação dos impactos ambientais a Matriz de Leopold modificada (SENDER, 2004). Foram consideradas na matriz três fases de implantação: 1) planejamento e licenciamento ambiental; 2) construção; e 3) operação e monitoramento. Para estas três fases foram previstas 13 intervenções antrópicas que causariam 40 impactos ambientais potenciais sobre 24 componentes ambientais - estes distribuídos entre os meios físico, biótico e antrópico.





Figura 1 - Etapas de tratamento da ETE pesquisada.

Fonte: Autora (2017).

Nota: A -Tratamento preliminar; B -Reatores UASB; C -Flotadores; D -Calha Parshall de saída do efluente final para o corpo receptor; E -ETA de serviço; F -Casa de desidratação de lodo; G -Centrífugas; H -caçambas com lodo desidratado.

Para a fase de operação e de monitoramento, objeto de estudo deste trabalho, foram consideradas quatro intervenções antrópicas e 11 principais impactos ambientais potenciais (Quadro 1).

OPERAÇÃO E MONITORAMENTO	Intervenção do empreendimento	Principal impacto ambiental potencial
	Funcionamento do sistema de tratamento dos efluentes urbanos da cidade	Melhoria da qualidade de vida da população e de todos os índices sanitários relacionados a doenças de veiculação hídrica. / Melhoria da qualidade dos recursos hídricos que drenam o município.
		Possibilidade de aproveitamento do biogás produzido na ETE, para a geração de energia elétrica.
		Emissão de gases ofensivos.
	Monitoramento rotineiro da operação da ETE	Dota o sistema de tratamento de maior confiabilidade. / Aumenta a vida útil dos equipamentos e a confiabilidade em relação à disponibilidade de equipamentos essenciais.
		Elaboração de análises periódicas dos parâmetros que demonstram o atendimento às exigências legais relativas ao padrão de emissão de efluentes e padrão de qualidade de corpos receptores.
Controle da poluição das águas subterrâneas. / Controle sobre eventuais vazamentos na tubulação enterrada.		
Geração de resíduos sólidos (lodo da ETE)	Busca de soluções relacionadas à destinação adequada dos lodos.	
Plano de procedimentos emergenciais para a operação da ETE	Suporte de segurança para os funcionários da ETE, para o sistema de tratamento e para o controle da poluição dos componentes ambientais da área.	

Quadro 1 - Intervenções antrópicas e principais impactos ambientais potenciais previstos na matriz de impactos da ETE.

Fonte: Modificado de Sender (2004). Em branco: impacto ambiental para cuja análise não houve dados suficientes. Em verde: intervenção/impactos previstos pelo RAP da ETE que ocorreram. Em laranja: intervenção/ impactos previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram.

Foram apresentadas também na matriz a quantificação dos impactos ambientais qualificados e as medidas mitigadoras que deveriam ser adotadas caso os impactos ocorressem. A qualificação dos impactos foi realizada por meio dos seguintes critérios:

- Caráter: positivo, negativo, adverso ou ausência de impactos;
- Ordem: direta, indireta ou difusa;
- Magnitude: leve, mediana ou alta;
- Abrangência: local, regional ou global;
- Duração: curto, médio ou longo prazo.

Assim, o cruzamento entre os impactos ambientais potenciais com os componentes ambientais dos meios físico, biótico e antrópico da matriz gerou como o resultado 279 impactos potenciais qualificados, sendo 154 positivos e 125 negativos (Tabela 1).

Ordem			Magnitude			Abrangência			Duração		
Direta	Indireta	Difusa	Leve	Mediana	Alta	Local	Regional	Global	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
38	105	11	97	36	21	115	39	0	22	14	118
69	54	2	62	45	18	93	32	0	53	9	63
107	159	13	159	81	39	208	71	0	75	23	181

Tabela 1 - Impactos ambientais previstos pelo RAP da ETE, distribuídos pelos critérios de qualificação.

Fonte: Modificado de Sender (2004). Em verde: impactos ambientais positivos (total: 154); Em amarelo: impactos ambientais negativos (total: 125); Em rosa: totais de cada parâmetro (total de impactos: 279).

Dos 279 impactos apresentados na Tabela 1, 87 (nove negativos e 78 positivos) foram previstos nas fases de planejamento e de licenciamento ambiental; 128 para a fase de construção (96 negativos e 32 positivos) e 64 para a fase de operação e de monitoramento (20 negativos e 44 positivos). Assim, a fase de construção, de acordo com o RAP, foi considerada como a possível maior responsável pelos impactos negativos da ETE.

Observações realizadas na ETE mostram, entretanto, que outros impactos poderiam ter sido considerados pelo RAP. Essas observações mostraram também a ocorrência de alguns impactos previstos e outros não constantes na matriz do RAP (Quadro 2).

Etapas	Aspectos operacionais	Impactos ambientais
Gradeamento	Geração e armazenamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Doenças causadas pela atração de vetores
	Geração de odores ofensivos	Incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Disposição de resíduos sólidos	Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Transbordamento de esgoto afluyente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
	Presença de metais pesados	Danos à saúde humana, poluição de águas de superfície, solo e lençóis
Abertura do <i>bypass</i>	Poluição de águas de superfície	
Limpeza das grades	Uso da água de reuso	Conservação de recursos naturais não renováveis

Desarenação	Geração e armazenamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Doenças causadas pela atração de vetores
	Geração de odores ofensivos	Incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Disposição de resíduos sólidos	Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Transbordamento de esgoto afluyente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
	Presença de metais pesados	Danos à saúde humana, poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
Emissão de aerossóis	Doenças causadas pela presença de patógenos no ar	
Limpeza dos desarenadores	Uso da água de reuso	Conservação de recursos naturais não renováveis
Degradação de gorduras e óleos	Geração de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de resíduos sólidos	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Digestão anaeróbia (UASB)	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de esgoto efluente	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Emissão de gás metano (CH <sub>4</sub> )	Poluição do ar, contribuição para o aquecimento global e risco de explosão	
Emissão de gás sulfídrico e mercaptanas	Poluição do ar, incômodos aos trabalhadores e população em geral	
Queimadores "Flare"	Emissão de gás carbônico	Poluição do ar, aquecimento global e incômodos aos trabalhadores e população em geral
	Consumo de combustível (GLP)	Esgotamento de combustíveis fósseis renováveis

Flotação por ar dissolvido	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Vazamento de efluente	Poluição de águas de superfície, solo e lençóis freáticos
Presença de patógenos		
Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis	
Casa de saturação	Geração de ruídos	Danos à saúde humana
	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
Centrifugação	Geração de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
	Derramamento de lodo	Doenças causadas pela presença de patógenos
		Poluição de águas de superfície, do solo e do lençol freático
Geração de ruídos	Desconforto humano e à fauna local	
Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis	
Desinfecção	Utilização de energia elétrica	Esgotamento de recursos naturais não renováveis

Quadro 2 - Aspectos operacionais e impactos ambientais potenciais para a ETE.

Fonte: Autores (2017), baseado em Fajardo (2014) e em observações na ETE. Em verde: aspectos operacionais/ impactos previstos pelo RAP que ocorreram. Em amarelo: aspectos operacionais/ impactos não previstos pelo RAP que ocorreram. Em lilás: impactos não previstos pelo RAP que não ocorreram.

Ressalta-se que as definições de aspectos operacionais e impactos ambientais utilizadas no Quadro 2 estão em concordância com as definições de aspectos e impactos ambientais da NBR ISO 14001:2004. Assim, embora as intervenções do Quadro 1 possam ser entendidas como de função semelhante aos aspectos operacionais do Quadro 2, em alguns casos os impactos ambientais constantes no Quadro 1 aparecem como aspectos operacionais no Quadro 2, não como impactos ambientais, como no caso da “geração de odores ofensivos”.

Tendo em vista essas questões, comparando-se os Quadros 1 e 2, tem-se, portanto, os seguintes resultados em relação aos impactos ambientais da fase operacional da ETE:

- impactos previstos pelo RAP da ETE e que ocorreram (em verde);
- impactos previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram (em laranja);
- impactos não previstos pelo RAP da ETE e que ocorreram (em amarelo);
- impactos não previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram (em lilás).

Entre as intervenções/impactos previstos pelo RAP da ETE que ocorreram, destacam-se: a geração de odores ofensivos (gás sulfídrico e mercaptanas); geração de lodo - este classificado no RAP como intervenção; a busca de soluções para a destinação adequada dos lodos - relacionada, sobretudo a trabalhos científicos de universidades na estação; e o suporte de segurança para os funcionários da ETE, embora este fato não esteja diretamente vinculado a um plano de procedimentos emergenciais para a operação da estação, mas sim à sua rotina operacional.

Em relação às intervenções/impactos previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram à época da coleta de dados deste trabalho, esses são: o plano de procedimentos emergenciais para a operação das ETEs (intervenção) e a possibilidade de aproveitamento do biogás produzido na ETE para a geração de energia elétrica.

Analisando-se os impactos não previstos pelo RAP da ETE que ocorreram (Quadro 2), chama a atenção o fato de que todos, à exceção dos impactos referentes ao transbordamento de esgoto afluyente no gradeamento e à emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ), são impactos ambientais que poderiam ter sido considerados pelo RAP, uma vez que estão diretamente vinculados ao funcionamento adequado do processo de tratamento de esgotos sanitários adotado. Além disso, todos têm abrangência local.

Pode-se verificar ainda, conforme a Tabela 1, que o RAP da ETE não considera a possibilidade de ocorrência de nenhum impacto de abrangência global. Entretanto, a estação possui em seu tratamento queimadores do gás metano proveniente dos reatores UASB, que emitem constantemente gás carbônico para a atmosfera, o que contribui para o aquecimento global. Este impacto de abrangência global poderia, portanto, ter sido considerado pelo RAP da ETE.

A emissão de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) pelos reatores UASB da ETE, que causa poluição do ar e apresenta risco de explosão, também contribui para a intensificação do efeito estufa (Figura 2). Este impacto, porém, não foi previsto pelo RAP da ETE e somente ocorreu devido a problemas na estrutura dos reatores, que permitiram seu escape. O mesmo pode ser dito a respeito do transbordamento de esgoto afluyente ao gradeamento, pois em condições normais de funcionamento da ETE este fato não aconteceria.

Sendo assim, estes dois aspectos operacionais e seus respectivos impactos caracterizam-se como situações anômalas e mostram a importância do monitoramento ambiental durante a operação de ETEs para a identificação de impactos não previstos por estudos de impacto ambiental, como o RAP em questão.



Figura 2 - Reator UASB da ETE pesquisada com fissuras (setas).

Fonte: Autora (2018).

No que se refere aos impactos não previstos pelo RAP da ETE e que não ocorreram, percebe-se que todos se caracterizam como situações de emergência e abrangência local, apresentando possibilidades de ocorrer e, portanto, se relacionam à intervenção prevista pelo RAP “Plano de Procedimentos Emergenciais para a Operação da ETE”.

Este fato mostra a importância de um planejamento para situações emergenciais, como previa o RAP da estação, pois para esses impactos torna-se mais difícil a implementação de medidas mitigadoras previstas nos estudos de impacto ambiental, já que se relacionam a problemas operacionais e não ao funcionamento normal de uma estação. Além disso, a possibilidade de ocorrência desses impactos mostra a importância também do monitoramento ambiental pós-implantação das ETEs, por meio do qual se podem constatar essas situações.

## 5 | CONCLUSÃO

Como afirma Sánchez (2013), os impactos ambientais previstos por um estudo de impacto ambiental são hipóteses, que somente podem ser comprovadas se os empreendimentos forem efetivamente implantados. Assim, um plano de monitoramento de um estudo de impacto ambiental assume grande importância, pois como afirma Dias (2001), deve ser capaz de verificar o acerto das previsões, comparando os impactos ocorridos com os previstos e a eficiência das medidas mitigadoras, além de

contemplar mecanismos de intervenção quando os impactos reais superarem certos limites. A utilização, portanto, desses planos de monitoramento e a realização de atividades de monitoramento pós-implantação das ETEs é fundamental.

Neste sentido, os resultados deste trabalho mostram que o monitoramento ambiental pós-implantação das ETEs é importante por permitir a identificação da ocorrência de impactos ambientais, previstos ou não, e o consequente planejamento para sua mitigação ou resolução. Além disso, permite identificar outros impactos que não ocorreram, mas que podem surgir - em decorrência de falhas no tratamento, por exemplo, - o que também é relevante para se evitar sua ocorrência ou para viabilizar uma mitigação adequada.

Outra questão fundamental, demonstrada por este trabalho, é que o monitoramento ambiental pós-implantação de empreendimentos, o que inclui as ETEs, pode servir de *feedback* e aprimoramento dos próprios planos de monitoramento constantes nos estudos de impacto ambiental, bem como para subsidiar a elaboração de novos estudos, no que se refere à elaboração e utilização dos planos de monitoramento.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14004**: Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. 2005. Rio de Janeiro, 2005. 45 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.

AHAMMED, A. K. M. R.; NIXON, B. M. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 26, p. 426–447, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592550500123X>>. Acesso em: 8 dez. 2016.

BARKER, A; WOOD, C. An evaluation of EIA system performance in eight EU countries. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 19, p. 387–404, 1999.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo**: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FAJARDO, P. A. **Proposta de instrumentos para a realização de Análise Ambiental Inicial em**

**ETEs à luz da NBR ISO 14001:2004:** o caso da ETE Monjolinho, São Carlos-SP. 231 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP, 2014.

GALLARDO, A. L. C. F. **Análise das práticas de gestão ambiental da construção da pista descendente da Rodovia dos Imigrantes.** 2004. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GLASSON, J.; SALVADOR, N. N. B. EIA in Brazil: a procedures–practice gap. A comparative study with reference to the European Union, and especially the UK. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, p. 191-225, 2000.

MUNNO, C. M. **Análise do monitoramento pós estudo de impacto ambiental no Estado de São Paulo.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

NADEEM, O.; HAMEED, R. **Evaluation of environmental impact assessment system in Pakistan.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, p. 562–571, 2008.

NOBLE, B.; STOREY, K. Towards increasing the utility of follow-up in Canadian. **Environmental Management**, v. 25, p. 163–180, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925504000770>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

PANIGRAHI, J. K.; AMIRAPU, S. An assessment of EIA system in India. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 35, p. 23-36, 2012.

PÖLÖNEN, I.; HOKKANEN, P.; JALAVA, K. The effectiveness of the Finnish EIA system - What works, what doesn't, and what could be improved? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, p. 120-128, 2011.

RAMJEAWON, T.; BEEDASSY, R. Evaluation of the EIA system on the Island of Mauritius and development of an environmental monitoring plan framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, p. 537-549, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592550400006X>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 583 p.

SENDER CONSULTORIA. **Relatório Ambiental Preliminar** - Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, São Paulo, 2004.

SANTOS, J. O. **A etapa de acompanhamento na AIA:** análise das barreiras e desafios à sua implementação no Estado da Bahia. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2011.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Lucio Mauro Braga Machado** - Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando na área de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidentes de trabalho 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 26

Água 33, 34, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 54, 58, 87, 88, 89, 91, 93, 97, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 150, 156, 157, 170, 171, 173, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 209, 210, 217, 218, 222, 228, 229, 231, 236

Águas sulfúreas quentes 40

Água subterrânea 115, 123, 186, 188, 194, 197

Aquíferos 45, 47, 48, 49, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 185, 196

Áreas de preservação permanente 155, 158

Arquitetura bioclimática 198, 209

Arquivos climáticos 198, 202, 210, 211

Avaliação de impacto ambiental 27, 28, 38, 39

### B

Barragem de rejeito 226, 228

### C

Cacau 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114

Canais 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Casca de arroz 167, 170, 173, 174, 182

Clandestino 55, 58

Coleta 1, 4, 7, 14, 15, 27, 29, 36, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 132, 134, 135, 138, 212, 214, 215, 220, 221, 224

Contaminação 29, 58, 87, 88, 89, 90, 97, 99, 137, 185, 186, 187, 188, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 224

Contaminação por coliformes 186, 193, 195

### D

Dados meteorológicos 198, 199, 202

Descaracterização 226, 227, 228, 229, 230, 235

Destinação de resíduos 61

Drenagem 48, 79, 85, 129, 226, 227, 228, 229, 230, 232

### E

Ecossistema aquático 130

Enzimas lignolíticas 167

Estação de tratamento de esgotos sanitários 27, 39

Estresse hídrico 140, 150, 151

## F

Farelo de cereais 167

Fermentador 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

## G

Gabião 226, 227, 233, 234

Geocélula 226, 230, 231, 232, 233, 235, 236

Gestão de resíduos sólidos urbanos 61, 75

## I

Impactos ambientais 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 77, 78

Inspeção 55, 57, 58, 59, 88

## L

Licenciamento ambiental 27, 28, 29, 30, 33, 66, 74, 76, 77, 78, 215

## M

Matas ciliares 147, 155, 156

Meda 40, 41, 42, 43, 44, 54

Metais dissolvidos 129, 130, 131, 135

Método de diferenças finitas 87, 94

Minas gerais 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 74, 75, 76, 226

Modelagem computacional 87, 101

Monitoramento ambiental 27, 29, 36, 37, 38

Mudas 140, 142, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 160, 164, 165

## O

Origem da contaminação 186

## P

Poços de captação 186

Política de resíduos sólidos 61

Previdência social 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 25

## R

Recuperação de áreas degradadas 140, 141, 142, 144, 145, 148, 152, 153, 155, 165

Resíduos de serviços de saúde 212, 213, 214, 215, 219, 223, 224, 225

Restauração ecológica 140, 142

Restauração florestal 154, 155, 159, 160, 161, 163, 164

## S

Saúde do trabalhador 5, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 21, 24, 25

Sedimentos 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 156, 226, 227, 228, 229, 236

Simulação numérica 87, 99  
Sistema aquífero profundo 40  
Sistema de informações geográficas 77, 155  
Suíno 55, 56, 58

## T

Taxa de sobrevivência 140, 151  
Termas da areola 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 54  
Territórios de desenvolvimento 61, 63, 64, 65, 66, 74  
Transferência de calor 101, 103, 110, 111, 114  
Tratamento 1, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 58, 62, 75, 81, 84, 89, 125, 126, 135, 137, 143, 170, 188, 194, 197, 201, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224

## U

Unidade de conservação 140, 143

