

**HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS E  
SUSTENTABILIDADE 3**



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Helenton Carlos da Silva**

(Organizador)

# **Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade**

**3**

**Atena Editora**

**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-667-6 DOI 10.22533/at.ed.676192709  1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 343.81
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 50 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

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

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

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS	
José Floro de Arruda Neto Armando Dias Duarte Íalysson da Silva Medeiros Gustavo José de Araújo Aguiar Gilson Lima da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO	
Ideana Machado de Carvalho Ideane Machado Teixeira de Sousa André Luiz da Silva Santiago Elisabeth Laura Alves de Lima Valderice Pereira Alves Baydum	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	
Daniel Kiyomasa Nakadomari Deividi Lucas Paviani Osmar Amaro Rosado William Freitas Petrangelo Camila Brandão Nogueira Borges Camila Fernanda de Paula Oliveira Paulo Sergio Germano Carvalho Daniel Lyra Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU	
Rafaella Santos Coutinho Zacarias Caetano Vieira Carina Siqueira de Souza Carlos Gomes da Silva Júnior Daniel Luiz Santos Any Caroliny Dantas Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927095</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>39</b>
DEMANDA ESPECÍFICA DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS: VERIFICAÇÃO DE SUPERESTIMAÇÃO DE VALORES UTILIZADOS NO MEIO TÉCNICO PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - ESTUDO DE CASO	
Marcelo Coelho Lanza Maria da Glória Braz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927096</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>51</b>
ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	
Angelis Carvalho Menezes Michelli Ferreira de Oliveira Luciana Coêlho Mendonça	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927097</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARÍETE	
Abraão Martins do Nascimento Keila Giordany Sousa Santana Paulo Eduardo Silva Martins Nayara Bezerra Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927098</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>68</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN E ÁGUAS ALTERNATIVAS DE ALMINO AFONSO-RN EM SEUS MÚLTIPLOS USOS	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael Larissa Janyele Cunha Miranda Rokátia Lorrany Nogueira Marinho Renata de Oliveira Marinho Antonio Ferreira Neto Mônica Monalisa Souza Valdevino Lígia Raquel Rodrigues Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927099</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>77</b>
ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG	
Geisa Dias Gaio Pedro José de Oliveira Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270910</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>89</b>
CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS	
Giancarlo Lastoria	



Guilherme Henrique Cavazzana  
Andresa Oliva  
Sandra Garcia Gabas  
Chang Hung Kiang

**DOI 10.22533/at.ed.67619270911**

**CAPÍTULO 12 ..... 96**

ESPACIALIZAÇÃO POR INTERPOLADOR KERNEL DA POTENCIALIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO LESTE DO ESTADO  
DE SERGIPE

Kisley Santos Oliveira  
Thais Luiza dos Santos  
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.67619270912**

**CAPÍTULO 13 ..... 107**

INUNDAÇÕES E USOS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SESMARIA,  
RESENDE/RJ

Angel Loo  
Pedro José de Oliveira Machado

**DOI 10.22533/at.ed.67619270913**

**CAPÍTULO 14 ..... 120**

ANÁLISE HIDROMORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIACHO DO SERTÃO NA  
REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIU – AL

Luana Kívia Lima de Paiva  
Lucas Araújo Rodrigues da Silva  
Thiago Alberto da Silva Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.67619270914**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DO CARIRI - CEARÁ

Ana Beatriz Nunes Oliveira  
Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar  
Edson Paulino de Alcântara  
Thamires Figueira da Penha Lima Gonçalves  
Sávio de Brito Fontenele

**DOI 10.22533/at.ed.67619270915**

**CAPÍTULO 16 ..... 139**

APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN  
PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA  
PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E  
SÃO FRANCISCO

Adnivia Santos Costa Monteiro  
Erik Sartori Jeunon Gontijo  
Igor Santos Silva  
Carlos Alexandre Borges Garcia  
José do Patrocínio Hora Alves

**DOI 10.22533/at.ed.67619270916**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>150</b>
MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA	
Rogério de Jesus Porciúncula Olivar Antônio Lima de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>162</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>173</b>
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>182</b>
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>197</b>
AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX	
Carlos Alexandre Borges Garcia Nathália Krissi Novaes Oliveira Helenice Leite Garcia Ranyere Lucena de Souza Silvânio Silvério Lopes da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>207</b>
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA	
Agnes da Silva Araújo Lucas Nunes Franco Davi Edson Sales e Souza Raisa Rodrigues Neves Vanessa Conceição dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>217</b>
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>229</b>
O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ	
Bruna Peres Battemarco Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira Osvaldo Moura Rezende Ana Caroline Pitzer Jacob Matheus Martins De Sousa Luiza Batista De França Ribeiro Paulo Canedo de Magalhães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>243</b>
ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO CILIAR DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA E DO RIO MUQUI DO NORTE - TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE MUQUI (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Vinícius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>255</b>
AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Valdeci Antônio de Oliveira Daniela Maimoni de Figueiredo Simoni Maria Loverde Oliveira Ibraim Fantin-Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270926</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>275</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>276</b>

## APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E SÃO FRANCISCO

### **Adnivia Santos Costa Monteiro**

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos  
São Cristóvão - Sergipe

### **Erik Sartori Jeunon Gontijo**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Instituto de Ciência e Tecnologia  
Sorocaba – São Paulo

### **Igor Santos Silva**

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos  
São Cristóvão – Sergipe

### **Carlos Alexandre Borges Garcia**

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos  
São Cristóvão – Sergipe

### **José do Patrocínio Hora Alves**

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos  
São Cristóvão – Sergipe

**RESUMO:** Neste trabalho foram utilizadas a espectroscopia de fluorescência e as medidas do carbono orgânico dissolvido (COD) e absorvância no UV – Vis e a análise multivariada por meio de Kohonen para identificar as fontes da matéria orgânica dissolvida (MOD) nas águas das bacias hidrográficas dos rios Sergipe e São Francisco. Foram realizadas quatro campanhas de amostragem no período

de maio de 2009 a janeiro de 2010, e em cada campanha foram coletadas amostras de água em 10 sítios de amostragem distribuídos nos diferentes rios das bacias. As concentrações do COD variaram de 0,93 a 56,00 mg L<sup>-1</sup> e de 0,35 a 34,70 mg L<sup>-1</sup> para as amostras da bacia do rio São Francisco e rio Sergipe, respectivamente. Os espectros de fluorescência sincronizada mostraram a presença de quatro picos (I, II, III e IV), com intensidades variáveis em função da localização e do período de amostragem. Nos períodos secos verificou-se a presença predominante dos picos I e II, associados à matéria orgânica autóctone, produzida pela atividade algal e pelo aporte de fontes antropogênicas, respectivamente. Por outro lado, na presença das chuvas foi observado uma maior predominância da MOD de origem terrestre, lixiviada pelo maior escoamento superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água; Análise Multivariada, Carbono Orgânico Dissolvido.

### MOLECULAR FLUORESCENCE AND KOHONEN NEURAL NETWORK APPLIED FOR IDENTIFICATION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER SOURCES ON SERGIPE RIVER AND SÃO FRANCISCO RIVER CATCHMENTS

**ABSTRACT:** The water collected from ten sampling sites in Sergipe River and São Francisco River catchments was analysed using

fluorescence spectroscopy, dissolved organic carbon (DOC), UV-Vis absorbance and Kohonen neural network for identification of dissolved organic matter (DOM) sources. The water samples were taken in the period from May 2009 to January 2010. The DOC concentrations showed the following variations: from 0.35 to 34.7 mg L<sup>-1</sup> in Sergipe River catchment; and 0.93 to 56.00 mg L<sup>-1</sup> in São Francisco River catchment. The synchronous fluorescence spectra presented four peaks (I, II, III and IV) with different intensities depending on the localisation and period of sampling. The highest fluorescence intensity occurred in peaks II and III, showing that the origin of DOM is predominantly terrestrial, probably from leaching of soils because of superficial runoff in raining periods. The peaks I and II were predominant in the dry periods because of autochthonous organic matter produced by algal activity and anthropogenic sources, respectively.

**KEYWORDS:** Water, Multivariate Analysis, Dissolved Organic Carbon

## 1 | INTRODUÇÃO

A origem, composição, concentração, fontes e a dinâmica da matéria orgânica dissolvida (MOD) têm atraído a atenção de diversos pesquisadores nas últimas décadas devido à sua ampla distribuição nos diversos compartimentos ambientais (lagos, rios, solos e oceanos) e por desempenhar um papel crítico no ciclo bioquímico do carbono global, na manutenção da cadeia alimentar aquática, na interação entre a hidrosfera, a biosfera e a atmosfera, além de influenciar o comportamento e destino de poluentes orgânicos e inorgânicos, alterando dessa forma, sua solubilidade, toxicidade, mobilidade, biodisponibilidade e destino final (HE *et al.*, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2016; Xu *et al.* 2017; ARGUELHO *et al.* 2017).

A MOD é uma mistura complexa e heterogênea de compostos orgânicos com diferentes tamanhos moleculares, tipo proteínas, carboidratos e substâncias húmicas (fração predominante) que apresentam em sua estrutura aproximadamente 50% de carbono e proporções variáveis de heteroátomos como, oxigênio, nitrogênio, enxofre e fósforo (PERDUE e RITCHE, 2003; LI *et al.*, 2017). A composição e estrutura molecular dessa mistura reproduzem as características dos ecossistemas e variam significativamente em função de sua origem no meio ambiente (MONTEIRO *et al.*, 2016; ARGUELHO *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018).

Nos ecossistemas aquáticos a MOD pode ter origem autóctone quando é produzida no próprio sistema aquático a partir da degradação de constituintes celulares dos organismos aquáticos nativos, ou alóctone, quando a MOD provém de aportes externos, podendo ter origem terrestre, formadas a partir da degradação de plantas e/ou animais e transportadas para os rios, lagos e oceanos por meio do escoamento superficial e dos processos de lixiviação e/ou erosão dos solos (HE *et al.*, 2016; PAINTER *et al.*, 2018) e origem antropogênica devido à diversificação das atividades humanas próximas aos recursos hídricos.

Sendo assim, mudanças mesmo que sutis no local de origem (clima regional, uso e ocupação da terra, hidrologia e vegetação) na sazonalidade e no tipo do solo, podem afetar a quantidade e a qualidade (composição elementar, propriedades ópticas e carga elétrica) da MOD (ROCHA e ROSA, 2003; LI *et al.* 2017; PAINTER *et al.*, 2018). Estudos recentes têm relatado variações no transporte de carbono e na produtividade aquática e evidenciado um aumento crescente e significativo da contribuição das fontes de origem terrestres de MOD para o ciclo global de carbono através dos ecossistemas aquáticos, devido às mudanças climáticas causadas por atividades antropogênicas (LI *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018).

A MOD pode ser caracterizada através de suas propriedades ópticas e de seus componentes fluorescentes (“fluoróforos”) utilizando a espectroscopia de fluorescência (EF), técnica frequentemente utilizada para a discriminação de fontes da MOD e para acompanhar e compreender as suas transformações nos sistemas aquáticos (COSTA *et al.*, 2011; ARGUELHO *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018). A EF é atrativa por apresentar as seguintes características: não destrutiva, detecção rápida, uso de pequenos volumes de amostras sem prévios tratamentos, maior sensibilidade em detrimento a UV-VIS, permite o agrupamento das frações da MOD em função de suas propriedades químicas e é economicamente acessível em comparação com outras técnicas (COBLE, 1996; VERA *et al.*, 2017; ARGUELHO *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar as possíveis fontes de matéria orgânica dissolvida presente nos rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe (BHSE) e São Francisco (BHSF) através da quantificação do carbono orgânico dissolvido (COD) e medidas de fluorescência. A análise multivariada por meio da rede neural de Kohonen (Kohonen neural network), com o propósito de investigar as possíveis relações e semelhanças entre as amostras e variáveis estudadas. A rede neural (também conhecida como mapas auto organizáveis, selforganising maps - SOM) é uma técnica de inteligência artificial que pode ser usada para agrupar amostras com comportamento semelhante e extrair informações complexas de dados e multidimensionais. A técnica tem como principal vantagem a fácil visualização dos dados, que são projetados em espaço de menor dimensão [Gontijo *et al.* (2014)].

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo, amostragem e análises químicas

As amostras de água foram coletadas em 10 pontos distribuídos ao longo das bacias hidrográficas dos rios Sergipe e São Francisco, localizadas no estado de Sergipe conforme descrito na Tabela 1 e mostrado na Figura 1. Foram realizadas um total de quatro campanhas de amostragem, assim discriminadas: (1) maio de 2009 (período chuvoso) – S1; (2) setembro de 2009 (final das chuvas) – C1; (3) dezembro

de 2009 (início do período seco) – S2 e (4) janeiro de 2010 (período seco) – C2. As BHSE e BHSF foram escolhidas porque são de fundamental importância econômica e social uma vez que, são fontes de água potável para a população, indústria e abastece projetos de irrigação.

As amostras coletadas foram levadas para laboratório para a determinação do pH, COD, medidas de UV-VIS e obtenção dos espectros de fluorescência. Com exceção da medida de pH, as demais análises foram realizadas nas amostras previamente filtradas em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ .

A determinação da concentração do COD foi realizada em um analisador de carbono total Shimadzu TOC-5000 A. As medidas da absorbância foram feitas no espectrofotômetro modelo 700 plus da marca FEMTO em dois comprimentos de onda 254 e 436 nm, usando cubetas de quartzo de 10 cm e água deionizada como branco. As análises de fluorescência foram realizadas no espectrofluorímetro da marca Perkin Elmer modelo LS45 equipado com uma lâmpada de xenônio 150-W usando cubetas de quartzo (ARGUELHO *et al.*, 2017). Os espectros bidimensionais de fluorescência sincronizada (matriz emissão/excitação) foram obtidos a um intervalo constante entre excitação e emissão de 30 nm com uma abertura de 10 nm e em uma varredura de 250 a 500 nm, sendo subtraídos do branco (água Milli-Q) (JAFFÉ *et al.*, 2004).

Bacia	Sigla Ponto	Município - SE	Rio
São Francisco (BHSF)	SF1 – P1	Poço Redondo	Jacaré
	SF2 – P2	Canindé	São Francisco
	SF3 – P3	Glória	Cachorro
	SF4 – P4	Neópolis	São Francisco
	SF5 – P5	Japoatã	Riacho Pilões
Sergipe (BHSE)	SE1 – P6	Feira Nova	Sergipe
	SE2 – P7	Socorro	Cotinguiba
	SE3 – P8	São Cristovão	Poxim
	SE4 – P9	Dores	Sergipe
	SE5 – P10	Moita Bonita	Jacarecica

Tabela 1 – Identificação dos locais de amostragem

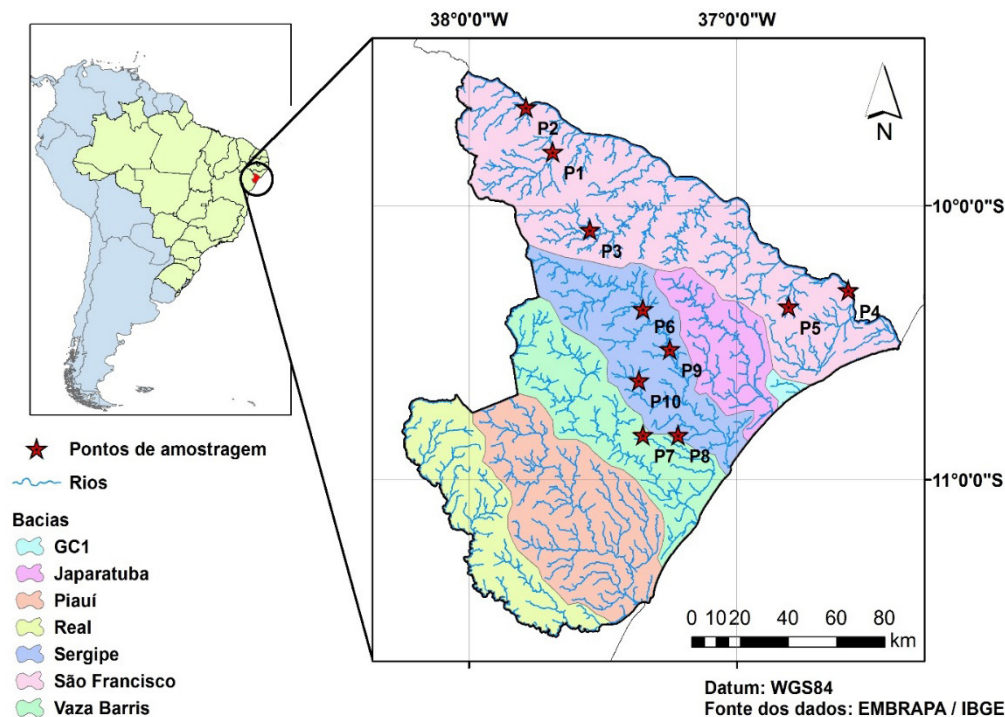


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.

## 2.2 Análise multivariada dos dados usando rede neural de Kohonen

A rede neural foi construída usando o software MatLab R2017b e o SOM (self-organising maps) toolbox 2.1 após autoescalamento dos dados brutos, afim de normalizar a variância das amostras. Arquiteturas contendo 5x5 a 10x10 neurônios com estrutura hexagonal, formando mapas planares foram testadas e a configuração (8x8) que apresentou a melhor distribuição das amostras foi a escolhida para a discussão dos dados. A interpretação dos mapas das redes neurais é feita em função da similaridade das amostras em função das variáveis estudadas. As amostras são consideradas similares quando estiverem em um mesmo neurônio ou em neurônios próximos (GONTIJO *et al.*, 2016).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH variaram de 7,40 a 8,68 nos rios presentes na BHSF e de 6,44 a 8,58 para os rios da BHSE e não houve variação significativa em função da sazonalidade durante os períodos estudados. As águas mais alcalinas foram observadas nos pontos SE1, SE4, SF1 e SF3.

A Figura 2 mostra a distribuição do COD das amostras durante o período estudado. As maiores concentrações (15,0 – 56,0 mg L<sup>-1</sup>) foram encontradas nos rios Jacaré-SF1 e Cachorro-SF3 e nos rios Sergipe-SE1 e SE4 e Jacarecica-SE5 pertencentes a BHSF e BHSE respectivamente, e com exceção das amostras SE1 e SF4 que apresentou valor mais elevado de COD no período seco, refletindo a menor



diluição, nessa época, ocorreram no período com a presença de chuvas. Por outro lado, as menores concentrações (0,3 – 10,0 mg L<sup>-1</sup>) ocorreram nas amostras SF2, SF5, SE2 e SE3. Vale a pena ressaltar, que foi observado um fenômeno atípico nas amostras SF2 (rio São Francisco) e SE2 (rio Cotinguiba) que apresentaram valores elevados de COD somente no período chuvoso (ver Figura 1), sugerindo que houve uma contribuição de fontes difusas descarregadas diretamente no rio. Os resultados de COD permitem inferir que o processo de lixiviação e o escoamento fluvial ocasionado pelas chuvas favorece o aumento da concentração do COD nesses rios e que a sazonalidade é um fator importante para avaliação deste parâmetro.

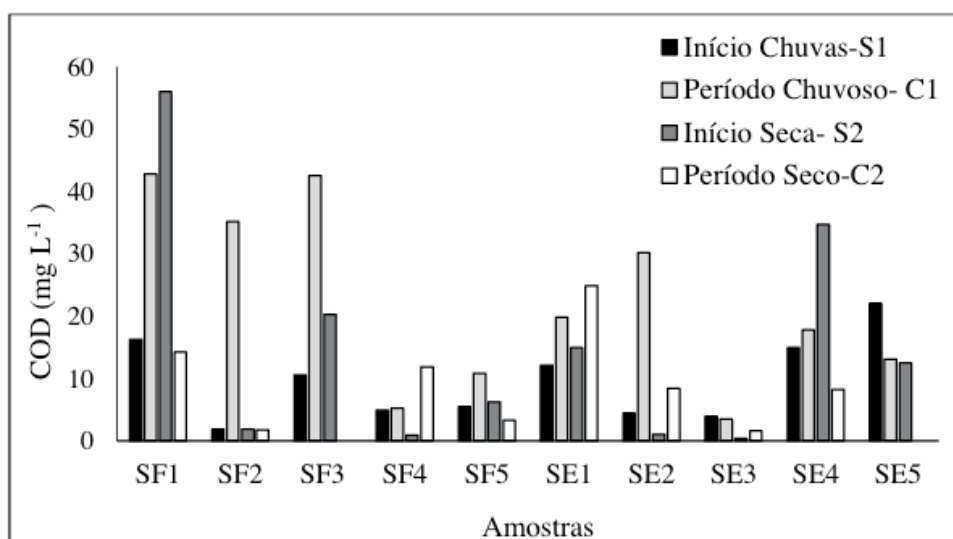


Figura 2 – Resultados do carbono orgânico dissolvido para os rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe e São Francisco nos períodos: início das chuvas, chuvoso, início da seca e período seco.

Os dados de COD são importantes, porém fornecem informações limitadas à quantidade da matéria orgânica dissolvida. A discriminação das fontes da MOD nos rios estudados foi realizada por meio dos resultados da absorvância em 254 (A2) e 436 (A4) nm, da razão A2/A4 encontrados por meio da espectroscopia UV/VIS e das intensidades de fluorescência (IF) obtidas a partir dos espectros sincronizados de fluorescência.

As absorvâncias em 254 e 436 e sua razão têm sido utilizadas como um indicador da origem da MOD nos sistemas aquosos (MONTEIRO *et al.*, 2016). Por exemplo, a absorvância em 254 nm é típica de grupos aromáticos de origem terrestre derivados principalmente a partir da decomposição de plantas, tipo as substâncias húmicas aquáticas (SHA) (JAFFÉ, 2004; MONTEIRO *et al.*, 2016). Já absorvância em 436 nm está associada à produção interna gerada a partir da produção primária microbiana (JAFFÉ *et al.*, 2004). A relação A2/A4 aumenta com o acréscimo das SHA em solução (MONTEIRO *et al.*, 2016) e valores elevados indicam a presença de orgânicos menos condensados ou humificados originários de fontes antropogênicas (HUDSON *et al.*, 2009).

A Figura 3 ilustra os espectros sincronizados de fluorescência obtidos para os rios das bacias dos rios São Francisco (A) e (B) e Sergipe (C) e (D). De maneira geral, foi observado a presença de compostos “fluoróforos” relacionados à diferentes fontes de MOD, com intensidade de fluorescência (IF) medida nas seguintes regiões do espectro: pico I (~280nm- indicativo da presença de compostos tipo proteínas e a sua fonte nos ambientes aquáticos está relacionada com a atividade microbiana primária, ou seja é de origem autóctone.), pico II (300-365nm- atribuído a presença de compostos derivados do triptofano oriundo principalmente de atividades antropogênicas e por isso, apresenta característica estrutural diferente das fontes naturais da MOD), picos III (385nm) e IV (458nm) indicam a presença dos ácidos fúlvico e húmico (constituintes das SHA), respectivamente, representando a contribuição das fontes terrestres (alóctones) de MOD derivados da decomposição de plantas no meio aquático e/ou terrestre (COBLE, 1996; COSTA *et al.*, 2011; ARGUELHO *et al.*, 2017).

As IF variaram em função da origem da MOD, do local de amostragem da amostra e da sazonalidade. No período com chuvas (Figuras 3- A e C), por exemplo, foi observada a presença dos quatro picos, sendo o pico II e III predominantes, com maior IF para as amostras SF1, SE1 e SE4 e SF3 e SE5, respectivamente, com exceção apenas das amostras SF2, SF4 e SE3 que apresentaram predominantemente o pico I. Já nos períodos secos, a predominância foi dos picos I e II para todas amostras estudadas (ver Figura 3- B e D).

A investigação da similaridade das amostras e suas relações em função das variáveis estudadas (pH, COD, A2/A4 e as IF) foi realizada através dos resultados da análise multivariada e está descrita na Tabela 2. Os 8 grupos distintos contendo um subgrupo com amostras similares foram circulos e numerados (amostras em mesmo neurônio ou neurônios vizinhos são consideradas similares e formam um grupo). A interpretação é feita comparando os neurônios (unidades hexagonais) em posições similares nos mapas das amostras e variáveis (Figura 4).

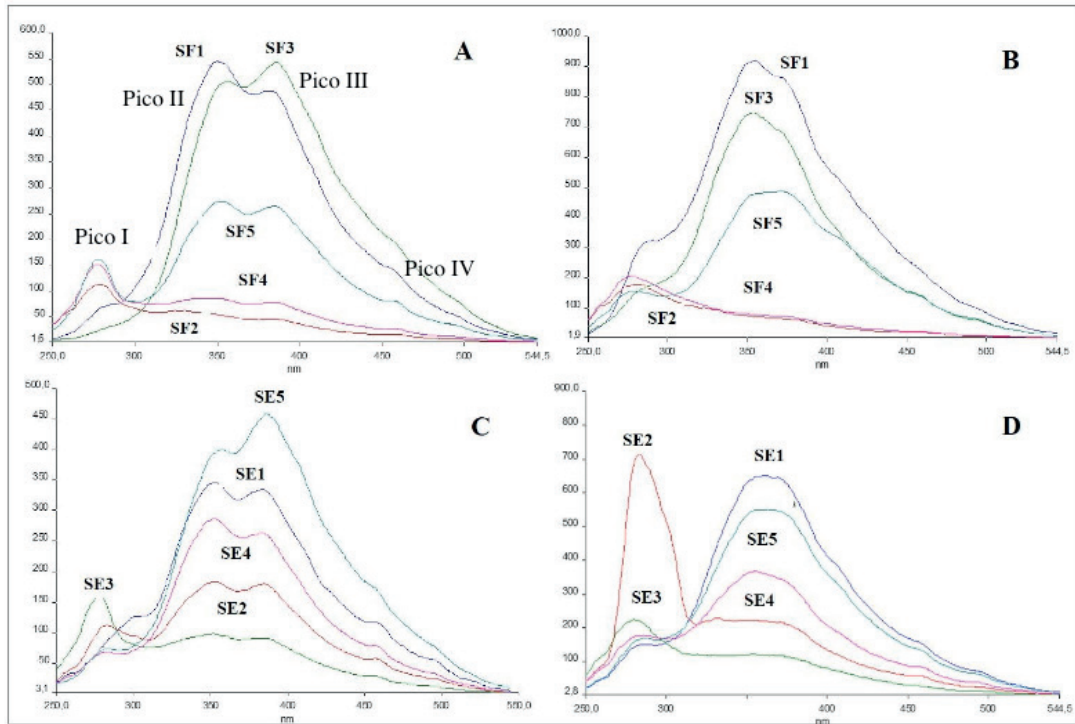


Figura 3 – Espectros de fluorescência sincronizado para as amostras de água dos rios das bacias hidrográficas dos rios São Francisco (A e B) e Sergipe (C e D) nos períodos: chuvoso (A e C) e período seco (B e D).

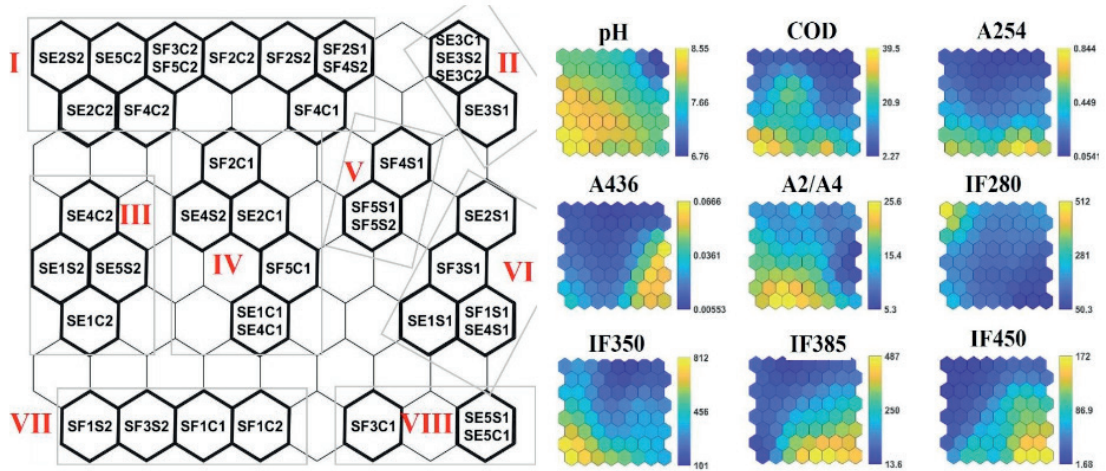


Figura 4 – Rede neural de Kohonen: mapas das amostras à esquerda e mapa das variáveis (MV) à direita.

Legenda: As siglas SF e SE de 1 a 5 referem-se ao ponto de coleta e S1, C1, S2 e C2 ao início das chuvas, período chuvoso, início seca e período seco, respectivamente. As cores entre laranja e amarelo representam maior a intensidade para uma dada variável; cores verdes são intensidades intermediárias e as azuis indicam menores intensidades.

Grupo	Sigla	Rio	Características das variáveis
I	SE2, SE5, SF2, SF3, SF4, SF5 nos períodos secos (S2 e C2) e SF2S1, SF4C1 (períodos chuvosos)	CotinguibaPilões, Cachorro São Francisco	pH mais altos, menores valores de COD, A2, A4, A2/A4, IF350, IF385 e 458 e maiores valores de IF280, em relação as demais amostras, indicando que apesar da presença de MOD de origem alóctone a fonte predominantemente dessas amostras é autóctone.
II	SE3 (todos os períodos amostrados)	Poxim	Similar ao grupo I, porém com valores ainda mais baixos de COD e das IF (350, 385 e 458), revelando que a MOD nesse rio é proveniente expressamente pela decomposição microbial nativa.
III	SE1, SE4, SE5 nos períodos secos (S2 e C2)	Sergipe, Jacarecica	Também similar ao grupo I, diferenciando-se por apresentar elevados valores de IF350 e A2/A4 indicando a presença de fontes antropogênicas, originárias de fontes pontuais.
IV	SF2, SF5, SE1, SE2 e SE4 nos período chuvoso (C1)	São Francisco,- Pilões, Sergipe	Similar ao grupo I, porém, apresentam maiores valores de COD em detrimento aos demais períodos estudados.
V e VI	V- SF4S1, SF5S1 e SF5S2 VI- SE2, SF3, SE1, SF1, SE4 (período chuvoso)	São Francisco, Pilões, Sergipe	Diferem dos demais grupos principalmente por apresentar maiores valores da IF 385 e 458 e diferem entre si porque no grupo V apenas a presença da IF em 458 é significativa. Estes resultados evidenciam a presença das SHA originárias da degradação de plantas, lixiviadas para esses rios, principalmente na amostra SF3S1
VII	SF1S2, SF3S2, SF1C1, SF1C2	Jacaré Cachorro	pH mais altos, maiores valores de COD, A2/A4 e IF350. Os resultados sugerem que estes rios são os mais impactados por fontes antropogênicas de MOD (possivelmente esgotos domésticos) pontuais nesse período estudado.
VIII	SF3C1, SE5S1 e SE5C1 (período chuvoso)	Cachorro Jacarecica	Apesar de estarem em neurônios separados a amostra SF3C1 difere das SE5S1e C1 apenas por apresentar maior valor de COD. O período chuvoso ocasionou uma diluição da MOD de origem antropogênica (IF350) e um aumento da contribuição das fontes terrestres, tipo SHA observado pelos maiores valores das IF385e 458.

Tabela 2 – Interpretação da similaridade e características de cada grupo de amostras a partir da rede neural de Kohonen

#### 4 | CONCLUSÃO

A estratégia em utilizar medidas de COD, absorvância no UV-Vis e espectros sincronizados de fluorescência juntamente com a análise multivariada por meio da rede neural de Kohonen, facilitou a interpretação e a identificação das fontes de

matéria orgânica dissolvida presentes nos rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe e São Francisco. Ficou evidente a variação qualitativa e quantitativa na MOD entre os períodos secos e chuvosos, com forte contribuição de matéria orgânica húmica natural de origem terrestre, lixiviada pelo maior escoamento superficial no período chuvoso e matéria orgânica de origem antropogênica no período seco, além da produzida pela atividade microbiana em alguns rios e em ambos períodos.

## 5 | AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPQ

## REFERÊNCIAS

- ARGUELHO, M.L.P.M.; ALVES, J.P.H.; MONTEIRO, A.S.C.; GARCIA, C.A.B. **Characterization of dissolved organic matter in an urbanized estuary located in Northeastern Brazil**. *Environmental Monitoring and Assessment* 189, pp. 272 –284, 2017.
- COSTA, A.S.; PASSOS, E.A.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H. **Characterization of dissolved organic matter in the Piauí River Estuary, Northeast Brazil**. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 22(11), pp.2139 – 2147, 2011.
- COBLE, P.G. **Characterisation of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission spectroscopy**. *Marine Chemistry* 51, pp. 325 – 346, 1996.
- GONTIJO, E.S.J.; WATANABE, C.H.; MONTEIRO, A.S.C.; TONELLO, P.S.; DA SILVA, G.A.; FRIESE, K.; ROESER, H.M.P.; ROSA, A.H. **Distribution and bioavailability of arsenic in natural waters of a mining area studied by ultrafiltration and diffusive gradients in thin films**. *Chemosphere* 164, pp. 290 – 298, 2016.
- HE, W.; CHEN, M.; SCHLAUTMAN, M.A.; HUR, J. **Dynamic exchanges between DOM and POM pools in coastal and inland aquatic ecosystems: A review**. *Science of The Total Environment* (551–552), pp. 415– 428, 2016.
- HUDSON, N.; BAKER, A.; REYNOLDS, D. **Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters – a review**. *River Research and Applications*, 23 (6), pp. 631 – 649, 2007.
- JAFFÉ, R.; BOYER, J.N.; LU, X.; MAIE, N.; YANG, C.; SCULLY, N.M. **Source characterization of dissolved organic matter in a subtropical mangrove- dominated estuary by fluorescence analysis**. *Marine Chemistry* 84(3–4), pp. 195 – 210, 2004.
- LI, Y.; HARIR, M.; Uhl, J.; Kanawatl, B.; LUCIO, M.L.; Smirnov, K.S.S.; HERTKON, N. **How representative are dissolved organic matter (DOM) extracts? A comprehensive study of sorbent selectivity for DOM isolation**. *Water Research* 116, pp. 316 – 323, 2017.
- MONTEIRO, A.S.C.; PINHEIRO, J.P.; PARAT, C.; ROSA, A.H. **Towards field trace metal speciation using electroanalytical techniques and tangential ultrafiltration**. *Talanta* 152, pp. 112 – 118, 2016.
- PAINTER, S.C.; LAPWORTH, J.L.; WOODWARD, M. S.; EVANS, C.D.; SANDERS, R.J. **Terrestrial dissolved organic matter distribution in the North Sea**. *Science of The Total Environment* 630, pp. 630– 647, 2018.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. **Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas**. São Paulo: Editora Unesp-SP, 120 p.,2003.

VERA, M.; CRUZ, S.; BOLEDA, M.R.; MESA, J.; ALONSO, J.M.; CASAS, S.; GILBERT, O.; CORTINA, J.L. **Fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis as a dissolved organic monitoring tool to assess treatment performance in drinking water trains**. Science of The Total Environment (584–585), pp. 1212– 1220, 2017.

XU, H.; GUO, L. **Molecular size-dependent abundance and composition of dissolved organic matter in river, lake and sea Waters**. Water Research, 117, pp. 115– 126, 2017.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 10, 25, 43, 61, 76, 164, 183, 184, 191, 195, 197, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216

Abatedouro 162, 163, 164, 166, 168, 170

Água 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 139, 141, 142, 146, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 245, 248, 250, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Água de reuso 22, 24

Águas cinzas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 50

Águas subterrâneas 96, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 150, 151, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 171, 175, 182, 183, 184, 186, 187, 189, 195, 196, 197, 198, 202, 205, 206, 213, 218, 226, 227

Água subterrânea 92, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 152, 156, 157, 160, 162, 163, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 204, 214, 217, 218, 219, 221, 222, 226, 227

Alunos 34, 35, 38, 55, 56

Aquífero misto 96, 97, 100, 103, 104, 105

### B

Bacia do salgado 127, 137

Bacia hidrográfica 77, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 101, 102, 107, 108, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 137, 138, 184, 190, 205, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Bacia sedimentar do Araripe 127

Biorreatores com membrana submersa 24

### C

Conscientização 31, 39, 43, 47, 48

Contaminação 20, 72, 86, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 161, 168, 170, 171, 183, 197, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 238, 239, 256, 262, 270, 274

Critérios de potabilidade 197, 215

Cromo trivalente 173, 179, 180

### D

Demanda de água 39, 49, 184, 211



Descontinuidade urbana 77, 79, 88

Desempenho 8, 47, 61

Desperdício 15, 18, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 48

Diagnóstico 82, 88, 118, 205, 207, 209, 214, 215, 216, 227, 229, 230, 231, 233, 234, 241, 253, 254

## **E**

Eletrorresistividade 89, 93, 154, 228

## **G**

Geoprocessamento 98, 100, 105, 120, 125, 126, 182, 184, 186, 187, 196, 243, 245

Gestão sustentável 39, 47, 48, 233

## **H**

Hidráulica 50, 59, 61, 67, 91, 104, 176, 189, 220, 232, 233, 234, 235, 236

Hidrogeologia 89, 90, 97, 182, 196, 205, 206

Hidrologia 2, 23, 88, 90, 119, 120, 126, 138, 141

## **I**

Inundações 3, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 128, 134, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 241

## **L**

Lineações 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105

Lixiviação 140, 144, 173, 175, 200, 219, 268

## **M**

MBR 24, 25, 28, 30, 31, 32

Medição de vazão 51, 53, 55, 59

Monitoramento 5, 39, 51, 53, 56, 83, 84, 121, 122, 160, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 176, 179, 183, 199, 205, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 239, 261, 262, 273, 274

## **N**

Necrochorume 157, 217, 218, 219, 221, 225, 226, 227, 228

Neotectônica 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105

Níquel 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181

## **P**

Precipitações médias 2, 6

## **Q**

Qualidade da água 15, 16, 20, 32, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 224, 255, 257, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Qualidade da água subterrânea 166, 172, 217, 218

## R

Residências unifamiliares 17, 18, 19, 21, 22

Reuso 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50

Reuso de águas cinzas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 50

Reutilização 19, 34, 42

## S

SIG 98, 120, 121, 130, 137, 259, 260

Sistema aquífero bauru 89, 90

Sistema de informação geográfica 98, 127, 130

Solo 3, 52, 69, 71, 75, 83, 85, 99, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 125, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 141, 150, 151, 152, 156, 157, 158, 160, 168, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 197, 198, 201, 204, 205, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 227, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 248, 252, 255, 257, 258, 260, 262, 263, 267, 268, 270, 271, 273

## T

Telhados verdes 1, 2, 3, 6, 7, 8

Tratamento de efluentes 51, 52, 53, 54, 59

Tubulações 61, 62, 64, 66, 73, 201, 210

## U

Urbanização 2, 52, 77, 78, 87, 88, 107, 233, 234, 235, 236, 256, 271

Uso da terra 107, 110, 118, 119, 196, 261, 273

Uso racional 9, 10, 11, 16, 17, 26, 34, 40, 43, 50, 183

Usos múltiplos 18, 162, 257, 270, 271

Usuários 20, 35, 39, 41, 47, 48, 49, 70, 89, 92, 162, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 257

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-667-6

