

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 4**



Helenton Carlos da Silva

(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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.ª Dr.ª 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 4 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-668-3 DOI 10.22533/at.ed.683192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 48 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

CAPÍTULO 1	1
QUALIDADE DA ÁGUA E PERCEPÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO	
Karina Ribeiro da Silva Maria Hortência Rodrigues Lima Thiago Herbert Santos Oliveira Wendel de Melo Massaranduba Weslei Almeida Santos Antenor de Oliveira Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.6831927091	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DE CAMARÃO NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO	
Gustavo Andrade Araujo Oliveira Igor Santos Silva José Augusto Oliveira Junior Cristiane da Cunha Nascimento Marcos Vinicius Teles Gomes Carlos Alexandre Borges Garcia Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.6831927092	
CAPÍTULO 3	18
ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA DA ÁGUA NO SOLO, PEDRINHAS-SE	
Thassio Monteiro Menezes da Silva Frankilin Santos Modesto Camila Conceição dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.6831927093	
CAPÍTULO 4	24
SALINIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO CARIRA: UMA AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA USANDO RAZÕES IÔNICAS	
Eveline Leal da Silva Adnivia Santos Costa Monteiro Lucas Cruz Fonseca Lúcia Calumby Barreto Macedo José do Patrocínio Hora Alves	
DOI 10.22533/at.ed.6831927094	
CAPÍTULO 5	31
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS	
Adriana Silveira Vieira Germano de Oliveira Mattosinho Geraldo de Freitas Maciel,	
DOI 10.22533/at.ed.6831927095	

CAPÍTULO 6	40
AValiação de Barragens Subterrâneas em Pernambuco	
Edmilton Queiroz de Sousa Júnior	
Eronildo Luiz da Silva Filho	
José Almir Cirilo	
Luciano Barbosa Lira	
Thaise Suanne Guimarães Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.6831927096	
CAPÍTULO 7	49
PANORAMA DE RISCOS DAS BARRAGENS NO ESTADO DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL	
Jean Henrique Menezes Nascimento	
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo	
Allana Karla Costa Alves	
Lucivaldo de Jesus Teixeira	
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6831927097	
CAPÍTULO 8	58
OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA: AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE	
Ronaldo Amâncio Meneses	
José Augusto de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6831927098	
CAPÍTULO 9	68
MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.6831927099	
CAPÍTULO 10	77
SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DE DIÂMETROS EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	
Andréa Monteiro Machado	
Leonardo Pereira Lapa	
Paulo Eduardo Silva Martins	
Nayára Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.68319270910	
CAPÍTULO 11	84
DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELATIVOS À LMEO E À DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTES COM FUNÇÃO HÍDRICA À LUZ DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
Sandra Regina Afonso	
Márcio Antônio Sousa da Rocha Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.68319270911	

CAPÍTULO 12	94
DINÂMICA DA UMIDADE E SALINIDADE EM VALE ALUVIAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	
Liliane da Cruz Pinheiro Abelardo Antônio Assunção Montenegro Adriana Guedes Magalhães Thayná Alice Brito Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.68319270912	
CAPÍTULO 13	104
URBANIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PAISAGENS HÍDRICAS EM JUIZ DE FORA/ MG – 1883/1893	
Pedro José de Oliveira Machado Flávio Augusto Sousa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.68319270913	
CAPÍTULO 14	116
(IN)SUSTENTABILIDADE DA PESCA ARTESANAL DE ÁGUA DOCE NO BAIXO SÃO FRANCISCO EM SERGIPE/ALAGOAS/BRASIL	
Sergio Silva de Araujo Gregório Guirado Faccioli Antenor de Oliveira Aguiar Netto	
DOI 10.22533/at.ed.68319270914	
CAPÍTULO 15	133
IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS	
Regina Camara Lins Jean-Michel Martinez David M. L. da Motta Marques José Almir Cirilo Carlos Ruberto Fragoso Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.68319270915	
CAPÍTULO 16	146
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO SUBMETIDO A USOS AGRÍCOLAS DISTINTOS	
Wallace Melo dos Santos Wendel de Melo Massaranduba Dayanara Mendonça Santos Thiago Herbert Santos Oliveira Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas Marcus Aurélio Soares Cruz Maria Isidória Silva Gonzaga	
DOI 10.22533/at.ed.68319270916	

CAPÍTULO 17	157
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE B-AG ₂ MOO ₄ PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	
<p>Giancarlo da Silva Sousa Francisco Xavier Nobre Edgar Alves Araújo Júnior Marcel Leiner de Sá Jairo dos Santos Trindade Maria Rita de Moraes Chaves Santos José Milton Elias de Matos</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270917	
CAPÍTULO 18	169
UTILIZAÇÃO DE JUNTA TRAVADA COMO ALTERNATIVA EM SUBSTITUIÇÃO A ANCORAGENS CONVENCIONAIS NA ADUTORA DE SERRO AZUL EM PERNAMBUCO, EM PROL DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
<p>Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270918	
CAPÍTULO 19	179
COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (PÉREZ-FARFANTE, 1967) CAPTURADO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	
<p>Thayanne Cristine Caetano de Carvalho Alex Ribeiro dos Reis Alvaro José Reis Ramos Antônio Sérgio Silva de Carvalho Glauber David Almeida Palheta Nuno Filipe Alves Correia de Melo</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270919	
CAPÍTULO 20	191
FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO	
<p>Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270920	
CAPÍTULO 21	202
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (<i>Capsicum annuum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
<p>Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270921	

CAPÍTULO 22	209
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE <i>Aegla jarai</i>	
Vitor Rodolfo Becegato	
Indianara Fernanda Barcarolli	
Valter Antonio Becegato	
Darluci Picolli	
Flávia Corrêa Ramos	
Alexandre Tadeu Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.68319270922	
CAPÍTULO 23	230
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM ÁREAS RURAIS COM INTENSA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC	
Daniely Neckel Rosini	
Valter Antonio Becegato	
Pâmela Becali Vilela	
Amanda Dalalibera	
Jordana dos Anjos Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.68319270923	
CAPÍTULO 24	244
DESSALINIZAÇÃO MARINHA E SUAS PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	
Camila Santiago Martins Bernardini	
Carlos de Araújo Farrapeira Neto	
Fernando José Araújo da Silva	
Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar	
Raquel Jucá de Moraes Sales	
Luciana de Souza Toniolli	
Leonardo Schramm Feitosa	
DOI 10.22533/at.ed.68319270924	
SOBRE O ORGANIZADOR	254
ÍNDICE REMISSIVO	255

IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS

Regina Camara Lins

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Porto Alegre - RS

Jean-Michel Martinez

Université Toulouse 3, IRD/CNRS
Toulouse - FR

David M. L. da Motta Marques

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Porto Alegre - RS

José Almir Cirilo

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de
Tecnologia e Geociências
Recife - PE

Carlos Ruberto Fragoso Júnior

Universidade Federal de Alagoas, Centro de
Tecnologia
Maceió - AL

RESUMO: A otimização do monitoramento da clorofila-a pode ser feita a partir do uso de imagens de satélite. Assim, um modelo de duas bandas *NIR-Red* foi desenvolvido para reconstruir séries mensais de clorofila-a (indicador do estado trófico) a partir de imagens MODIS (500 m) no período de 2000 a 2016 no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba. O uso inovador de estatísticas multivariadas combinadas possibilitou a redução

da dimensionalidade dos dados e identificação de padrões do comportamento da clorofila-a no espaço e tempo, sendo possível sugerir a associação entre a variabilidade da clorofila-a e fatores ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Eutrofização, Modelos bio-ópticos, Estatística Multivariada.

IDENTIFICATION OF SPATIO-TEMPORAL PATTERNS OF CHLOROPHYLL-A BEHAVIOR IN A ESTUARINE LAGOON SYSTEM FROM MODIS IMAGES

ABSTRACT: The optimization of chlorophyll-a monitoring can be done using satellite images. Thus, a two-band *NIR-Red* model was developed to reconstruct monthly chlorophyll-a series (trophic state indicator) from MODIS images (500 m) in the period from 2000 to 2016 in the Estuarine-Lagunar Mundaú-Manguaba Complex. The innovative use of combined multivariate statistics permitted the reduction of data dimensionality and identification of patterns of chlorophyll-a behavior in space and time, with the possibility of suggesting the association between chlorophyll-a variability and environmental factors.

KEYWORDS: Eutrophication, Bio-optical models, Multivariate Statistics.

1 | INTRODUÇÃO

O fitoplâncton, popularmente conhecido

como algas, é definido como o conjunto de organismos aquáticos microscópicos que possuem capacidade fotossintética e não dispõem de movimentos próprios de locomoção suficientes para vencer o movimento natural das águas (ESTEVES, 1998). Além de constituir a base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, servindo como fonte de energia para organismos em níveis tróficos superiores, o fitoplâncton é responsável pela produção do oxigênio necessário para sobrevivência de várias comunidades do meio aquático (REYNOLDS, 1994).

A composição específica e a densidade das comunidades fitoplanctônicas podem variar no espaço e no tempo. Em geral, as variações quantitativas e qualitativas das espécies de fitoplâncton são mais significativas em ecossistemas aquáticos localizados em regiões temperadas devido à maior amplitude climática sazonal nesta região em relação à região tropical e subtropical (ZALOCAR DE DOMITROVIC; ASSELBORN; CASCO, 1998). Com relação ao espaço, o fitoplâncton apresenta grande distribuição tanto ao longo da coluna d'água como no plano horizontal, dependendo, sobretudo, da disponibilidade de luz, temperatura e de nutrientes inorgânicos disponíveis na água. Além destes fatores que influenciam a produtividade primária do fitoplâncton, Esteves (1998) e (BECKER, 2002) indicam outros fatores que também podem influenciar a distribuição vertical e horizontal do fitoplâncton, tais como: (a) densidade específica dos organismos; (b) herbivoria; (c) seiches internas (ondas paradas); (d) fluxo da água (hidrodinâmica); (e) bentos; (f) ondas; (g) turbidez.

A concentração de clorofila-a (Chl-a), pigmento presente no fitoplâncton, é comumente o parâmetro mais utilizado no sensoriamento remoto da qualidade da água, principalmente por sua importância na determinação do estado trófico das águas (MATTHEWS, 2011). Ela atua como um índice para a concentração de fitoplâncton e, portanto, é uma componente importante na determinação de produtos secundários, como, por exemplo, a produção primária (MATTHEWS, 2011).

Para identificar padrões temporais e/ou espaciais do comportamento da clorofila-a em corpos d'água (BLONDEAU-PATISSIER et al., 2014), as técnicas estatísticas multivariadas (CRESSIE; WIKLE, 2011) podem ser utilizadas no pós-processamento de imagens. BIERMAN et al. (2011) descreveram algumas técnicas estatísticas univariadas e multivariadas que podem ser aplicadas aos dados de qualidade da água. Por exemplo, técnicas como Análise de Componentes Principais (ACP), Análise de Cluster proporcionam uma rápida avaliação espaço-temporal de padrões de variabilidade e de associações entre as variáveis, e vem sendo utilizadas de maneira isolada, mas bem sucedida, em ambientes estuarinos (HARAGUCHI et al, 2015). Porém, o potencial do uso em conjunto destas técnicas estatísticas, aplicadas aos produtos de imagens de satélite, ainda é pouco conhecido na área de sensoriamento remoto de águas continentais e, portanto, pouco explorado para avaliação espaço-temporal de variáveis de qualidade da água. Desta forma, o objetivo deste estudo é identificar os padrões espaço-temporais da clorofila-a em um sistema estuarino-lagunar, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e de estatísticas multivariadas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e aquisição de dados

O Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) é um sistema tropical de lagunas rasas (profundidade máxima de 3,5 m) localizado do Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 9°35'00" S e 9°46'00" S latitude e 35°34'00" W e 35°58'00" W longitude. O sistema é composto por três compartimentos: (a) a Laguna Mundaú (27 km²) na parte leste do CELMM, que recebe água doce principalmente da bacia do rio Mundaú (vazão média anual de 35 m³/s); (b) a Laguna Manguaba (42 km²) na parte oeste do CELMM, que recebe uma descarga média anual de 28 m³/s de água doce das bacias dos rios Paraíba do Meio e Sumaúma; e (c) o sistema de canais estreitos de 12 km², que conecta as lagunas através de uma única entrada de maré de 250 m de largura no Oceano Atlântico. O CELMM apresenta um clima tropical semi-úmido com períodos secos (de outubro a dezembro) e úmidos (de maio a julho) bem definidos (LINS *et al*, 2017).

2.2 Monitoramento de Campo e Análises Laboratoriais

Seis campanhas de campo foram realizadas a bordo de embarcação entre os meses de Maio a Setembro de 2015. Em cada campanha foram coletadas amostras de água em 12 pontos distintos (ver Figura 1). Em cada ponto de coleta, duas garrafas plásticas de 1 litro foram utilizadas para amostragem da água superficial (profundidade < 0,5 m) que foram mantidas no escuro e sob refrigeração até a filtragem.

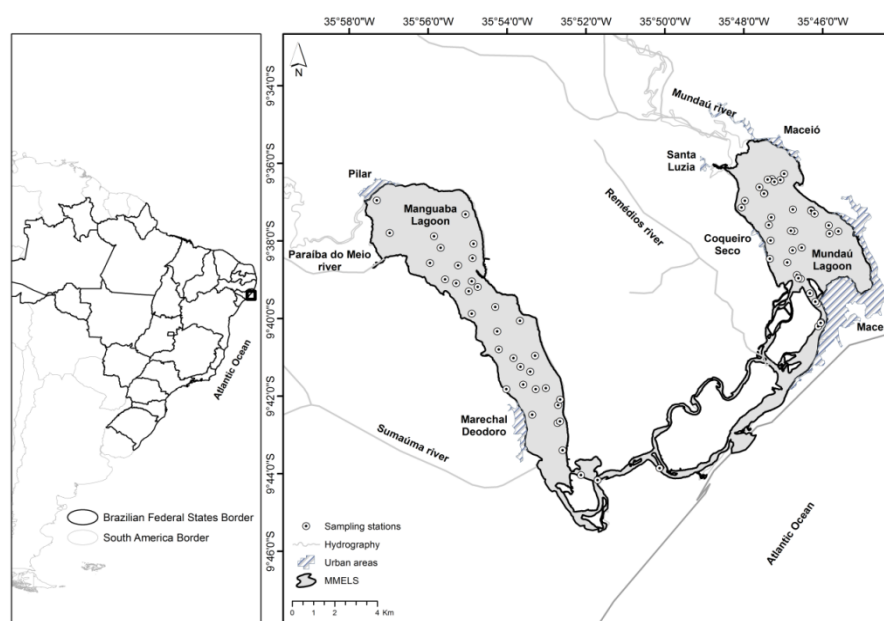


Figura 1. Localização do CELMM e distribuição espacial das estações de amostragem, onde foram coletadas amostras de água e radiometria (LINS *et al.*, 2018).

Todas as amostras foram filtradas em laboratório, não mais de 12h após a coleta, utilizando filtros de fibra de vidro Whatman GF/F (tamanho do poro 0,45 µm).

A Clorofila-a foi extraída dos filtros em etanol concentrado, 90%, por 18h em balão volumétrico âmbar, e medida através do método tricromático espectrofotométrico (American Public Health *et al*, 2005). O resíduo retido nos filtros das amostras para Sólidos Suspensos Totais (TSS) passou por secagem em estufa, entre 103 e 105 °C, até atingirem um peso constante por medição gravimétrica (American Public Health *et al*, 2005).

2.3 Imagens de Satélite

Neste estudo foram analisados dois produtos orbitais do sensor MODIS (MOD09A1 - Plataforma Terra e MYD09A1 - Plataforma Aqua). Nestes produtos, com Nível 3 de processamento, cada pixel dentro da imagem (com resolução de 500 m) representa a melhor observação diária no intervalo de 8 dias, selecionado com base em alguns critérios de observação, tais como: presença de nuvens, baixo ângulo de visada e aerossóis.

A série histórica de imagens das lagunas Mundaú e Manguaba, de 2000 a 2016, foi obtida através do GetModis. A fim de evitar, ou minimizar, a interferência da reflectância do fundo das lagunas ou mistura espectral de alvos diferentes da água, foram eliminados da série os pixels cujos centros estivessem situados a uma distância inferior a 500 m da margem (equivalente a resolução de 1 pixel).

Utilizando o programa MOD3R foi possível extrair a série temporal da reflectância (bandas Azul, Verde, Vermelho e Infravermelho Próximo) dos dois produtos orbitais (MOD09A1 e MYD09A1) em cada pixel da máscara, como também em cada coordenada específica dos levantamentos de clorofila de campo. Além disto, o MOD3R apresenta uma aba com a classificação qualitativa de cada imagem, calculada considerando a geometria de aquisição do satélite, o espectro radiométrico e coberturas de nuvens, atribuindo os seguintes valores: (a) Qualidade 0 - sem informação; (b) Qualidade 1 - excelente; (c) Qualidade 2 - duvidosa, e (d) Qualidade 3 - descartar. Neste estudo optou-se por utilizar apenas as imagens com Qualidade 1.

2.4 Geração das séries espaço-temporais de clorofila-a

Os valores de reflectância obtidos nas imagens MODIS foram correlacionados com as concentrações de clorofila-a levantadas em campo, a partir de um modelo de duas bandas NIR/Red (GITELSON, 1992). Este modelo foi aplicado à série histórica mensal, sem falhas, de reflectância dos dados MODIS para gerar as séries temporais mensais de clorofila-a estimadas no período de 2000 a 2016 em diferentes pixels do sistema estuarino-lagunar. O método de filtragem por autovetores (IBANEZ; CONVERSI, 2002) foi utilizado para eventual preenchimento de falhas nas séries históricas.

2.5 Padrões espaço-temporais da clorofila-a

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para identificar os principais padrões de comportamento de clorofila-a no CELMM e discutir sobre os potenciais fatores ambientais que podem explicar estes padrões. A ACP foi aplicada à matriz de concentrações estimadas de clorofila-a contendo a informação de mês/ano nas linhas e os centróides dos pixels como colunas. Uma matriz, com valores de clorofila, de dimensão 139 linhas (tempo) por 53 colunas (espaço) foi disposta para análise na laguna Mundaú, e outra matriz de 83 linhas e 79 colunas para a laguna Manguaba. Neste sentido, a ACP é importante para reduzir o número de dados a serem analisados em componentes principais, cujos pesos representam a variabilidade de cada componente. Um número suficiente de componentes principais foi selecionado de maneira que a variabilidade total dos dados originais fosse representada em mais de 70%. Além disto, as componentes principais foram rotacionadas aplicando o procedimento varimax a fim de atenuar as restrições de ortogonalidade da ACP e facilitar o entendimento dos padrões espaciais (RICHMAN, 1986).

Além disto, uma Análise de Agrupamento (AA ou *Cluster*) foi realizada com o intuito de identificar regiões com similar comportamento espacial da clorofila-a estimada por satélite. Foram utilizadas as primeiras componentes principais rotacionadas com a finalidade de filtrar o ruído na série original dos dados. O método de Ward foi utilizado para estabelecer os grupos homogêneos. Tanto a ACP quanto a AA foram realizadas utilizando um pacote estatístico do programa MATLAB.

3 | RESULTADOS

3.1 Modelo NIR-Red para estimativa da clorofila-a

A Figura 2 apresenta o ajuste de um modelo potencial aos dados observados. Observa-se um bom ajuste ($r^2 = 0,83$) entre as concentrações de clorofila-a levantadas em campo e a razão entre as reflectâncias do sensor MODIS nas bandas do infravermelho próximo e vermelho (R_{858}/R_{645}), para o CELMM. Nota-se que o ajuste dos baixos valores de clorofila-a se concentram na laguna Mundaú enquanto os valores mais elevados de clorofila-a são ajustados aos dados da laguna Manguaba.

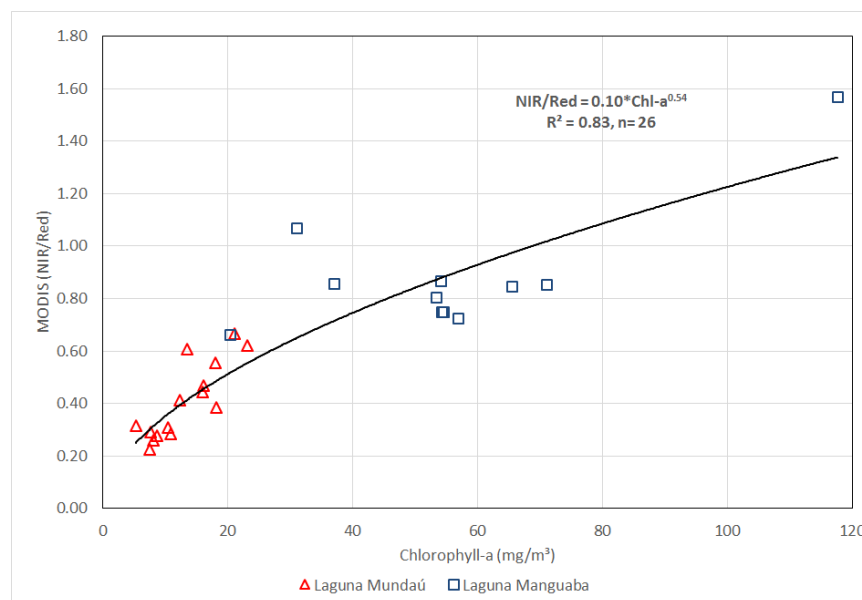


Figura 2. Correlação entre concentração medida de clorofila-a e modelo NIR-Red duas bandas utilizando dados MODIS.

3.2 Padrões espaço-temporais da clorofila-a no CELMM

As quatro primeiras Componentes Principais (CP) rotacionadas da Análise de Componentes Principais (ACP) conseguem explicar cerca de 70% da variabilidade dos dados originais de clorofila-a no CELMM (Tabela 1), sendo mais de 50% desta variabilidade concentrada nos 2 primeiros eixos nas duas lagunas. A distribuição dos autovetores resultantes da ACP rotacionada, aplicada à laguna Mundaú, é apresentada na Figura 3.

Laguna	CP1	CP2	CP3	CP4
Mundaú	28,11%	25,27%	13,23%	6,05%
Manguaba	36,70%	27,93%	7,16%	6,71%

Tabela 1 – Percentual da variância explicada através das quatro primeiras componentes principais rotacionadas nas lagunas Mundaú e Manguaba.

A Análise de Agrupamento, utilizando as quatro primeiras componentes principais, permitiu a identificação de 4 (quatro) Grupos Homogêneos em cada laguna. A distribuição espacial dos grupos é apresentada na Figura 4. Observa-se, na laguna Manguaba (Figura 4b), um gradiente longitudinal de clorofila-a entre os grupos, com as maiores concentrações presentes no GH1 e as menores no GH4 (Tabela 2).

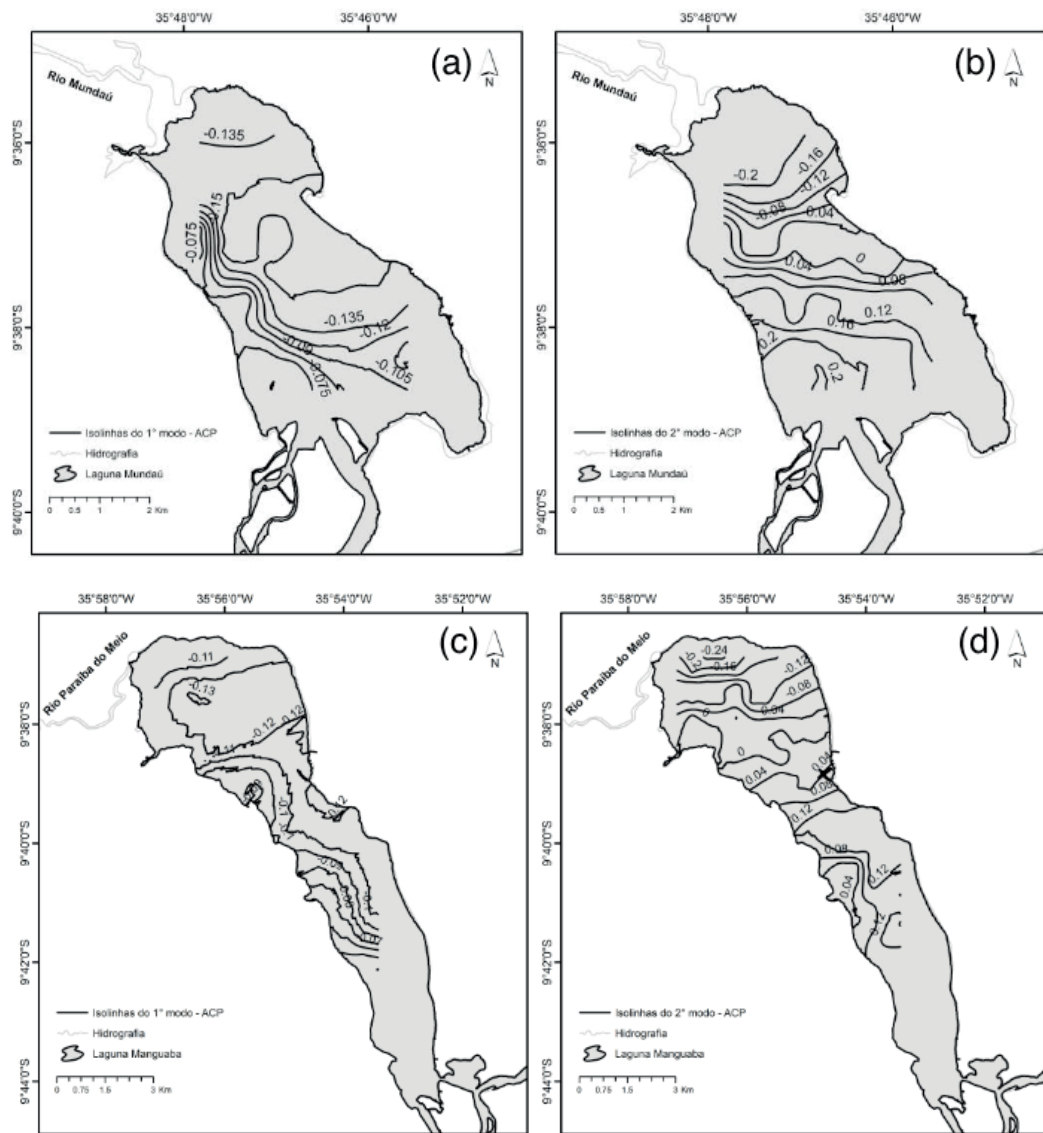


Figura 3 – Isolinhas dos autovetores da matriz de co-variância da (a,c) primeira e (b,d) segunda componentes da ACP rotacionada de clorofila-a nas lagoas Mundaú e Manguaba, respectivamente (LINS *et al*, 2018).

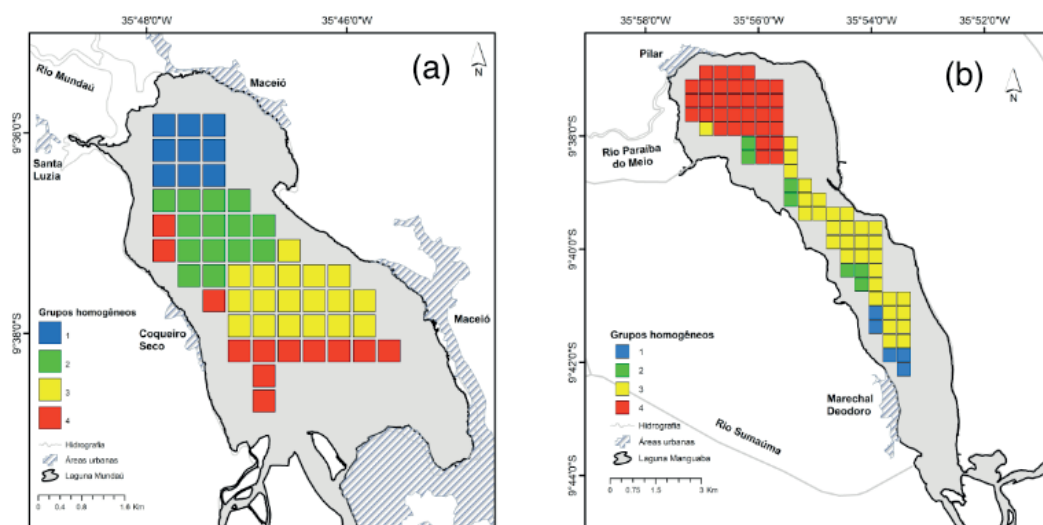


Figura 4 – Grupos Homogêneos (GH) identificados pela análise de agrupamento obtida a partir dos autovalores das quatro primeiras componentes rotacionadas da Análise de Componentes Principais (ACP), no domínio da: (a) lagoa Mundaú, e (b) lagoa Manguaba (LINS *et al*, 2018).

Laguna	Grupo	Mínimo (mg/m ³)	Máximo (mg/m ³)	Média (mg/m ³)	Desv Pad (%)
Mundaú	GH1	6,42	46,88	18,81	7,18
	GH2	5,95	37,29	17,48	6,15
	GH3	4,22	35,44	17,04	5,95
	GH4	6,62	51,24	22,54	7,94
Manguaba	GH1	9,96	263,77	72,86	51,73
	GH2	13,85	139,05	41,88	25,13
	GH3	8,27	155,10	31,05	16,69
	GH4	8,25	79,42	23,68	10,11

Tabela 2 – Estatísticas da concentração da clorofila-a nos Grupos Homogêneos em cada laguna.

A Figura 5 apresenta as médias mensais das concentrações de clorofila-a, estimadas por bandas MODIS, em cada grupo homogêneo definido para as lagunas Mundaú e Manguaba, respectivamente. Na laguna Mundaú, observa-se a ocorrência de valores mais elevados de clorofila-a nos meses de período seco (entre Outubro e Março), com destaque para o mês de Março no GH4. Já na Manguaba, os meses de período chuvoso (Abril, Maio e Junho) apresentam elevadas concentrações de clorofila-a, com destaque para o mês de Maio observado no GH1.

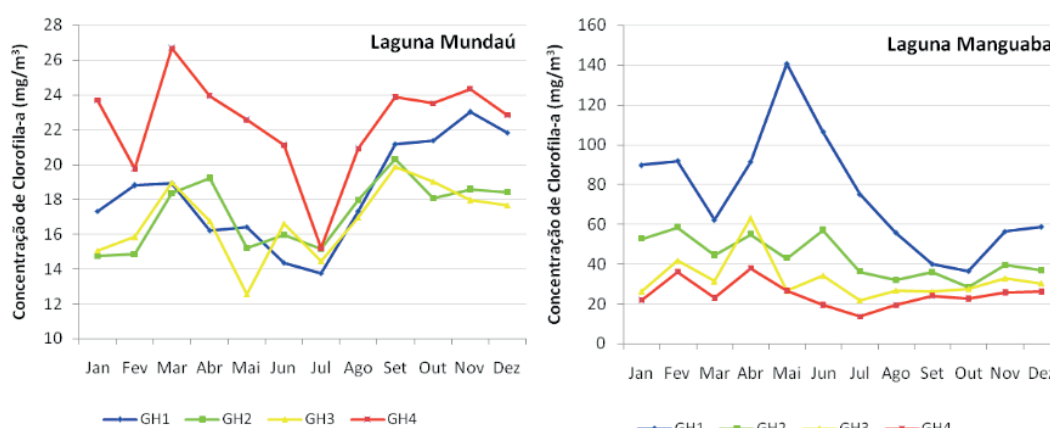


Figura 5 – Variabilidade temporal da concentração média estimada de clorofila-a dos grupos homogêneos (GH) identificados nas lagunas Mundaú e Manguaba, no período de 2002 a 2016 (LINS *et al*, 2018).

4 | DISCUSSÃO

A primeira componente da Análise de Componentes Principais (ACP) rotacionada (Figura 3a), apresenta um gradiente transversal (entre as margens oeste-leste) constituído por valores negativos de autovetores em toda a laguna Mundaú. Com relação à Manguaba, tem-se que a primeira componente da ACP rotacionada (Figura 3c) é constituída por valores negativos de autovetores e apresenta um gradiente transversal (entre as margens oeste-leste) que abrange o centro e sul da laguna, enquanto a região norte destaca-se por um gradiente distinto das demais regiões.

Este padrão principal de variabilidade pode estar associado ao tempo de residência hidráulica (TRH). Em termos gerais, o TRH médio na laguna Mundaú é menor que o TRH na laguna Manguaba (OLIVEIRA; KJERFVE, 1993; SOUZA, 2017). Isto ocorre em função da menor influência das forçantes de maré na laguna Manguaba devido a um maior estrangulamento nos canais de ligação em comparação com a laguna Mundaú, resultando em uma menor penetração de águas oceânicas nesta laguna. Na Mundaú, os menores TRH (variando entre 6 horas no sul e 18 dias no norte) são encontrados próximos à margem oeste, o que indica uma maior circulação nesta região desde a foz do rio Mundaú até a entrada do canal que interliga a laguna ao oceano (BRITO JR.; FRAGOSO JR.; LARSON, 2018). Já a região mais central e a região próxima à margem leste foram encontrados TRH maiores (entre 23 e 27 dias), o que as tornam mais estagnadas e, neste caso, com menor variabilidade na concentração de clorofila-a (ver desvio padrão na Tabela 2). O comportamento espacial do TRH na laguna Manguaba foi estimado recentemente por Souza (2017), porém, o efeito da circulação devido ao vento não foi considerado. No entanto, alguns estudos mostraram que o vento exerce papel fundamental na distribuição de correntes e mistura na laguna Manguaba (OLIVEIRA; KJERFVE, 1993). Desta forma, a associação da distribuição espacial da clorofila-a com o TRH pode ser limitada na laguna Manguaba.

Outro fator que pode influenciar neste padrão de variabilidade é a contribuição lateral de carga orgânica por fontes pontuais e difusas provenientes do uso e ocupação do solo no entorno das lagunas. Neste caso, Costa *et al* (2011) identificaram, para o período chuvoso, que as principais fontes de matéria orgânica particulada proveniente do entorno do CELMM foram principalmente: o lançamento de esgotos não tratados na laguna Mundaú pelos municípios de Santa Luzia e Coqueiro Seco (margem oeste) e Maceió (margem leste) e, na Manguaba, fertilizantes e nutrientes provavelmente resultantes do cultivo de cana-de-açúcar. Os mesmos autores observaram que a contribuição por esgotos na Manguaba foi praticamente inexistente, sendo observada uma pequena parcela próxima aos exutórios dos rios Sumaúma e Paraíba do meio.

A Segunda componente principal apresenta um gradiente longitudinal diferenciando a variabilidade da concentração de clorofila-a encontrada entre a extremidade norte das lagunas (próximas ao aporte fluvial dos rios Mundaú e Paraíba do Meio) e a região sul (mais próxima à entrada do canal que as interligam ao oceano), através da indicação dos valores de autovetores com sentidos opostos (Figura 3b, Figura 3d).

Na laguna Mundaú, esta componente pode estar captando os efeitos da descarga fluvial e de maré nas extremidades norte/sul que apresentaram as maiores concentrações de clorofila-a. Porém, não se observa um crescimento exagerado de algas nesta região, sugerindo que o principal aporte de SST (i.e. descarga de sólidos pelo rio Mundaú, OLIVEIRA; KJERFVE, 1993) pode limitar o crescimento de algas. Na região centro-leste da laguna Mundaú (GH2 e GH3), apesar dos elevados TRH

(BRITO JR.; FRAGOSO JR.; LARSON, 2018) e aporte constante de nutrientes (por esgotos domésticos e/ou resultantes da própria decomposição do fitoplâncton), não foram observados altos valores de clorofila-a (por exemplo acima de 60 $\mu\text{g/L}$) nesta região central. Esta limitação está possivelmente relacionada a uma maior taxa de mortalidade e de predação por bivalves (sobretudo pelo sururu, *Sp. Mytella charruana*) e devido a uma maior limitação de crescimento por inibição da luz na água, limitando o desenvolvimento de fitoplâncton nesta região.

Na laguna Manguaba o gradiente longitudinal da clorofila-a parece estar associado à sazonalidade das estações secas e chuvosas. No período seco, o desenvolvimento de espécies de fitoplâncton mais adaptadas a água doce parece estar mais associado ao menor aporte de material particulado inorgânico pelo rio Paraíba do Meio e à elevada produção autóctone de nutrientes. No período chuvoso, o aumento da descarga fluvial e de sólidos, possivelmente, limita o crescimento do fitoplâncton na região norte da laguna Manguaba (GH4) em comparação às demais regiões.

Na região central da laguna Manguaba (GH2 e GH3), são observados valores muito altos de clorofila-a, quando comparados à laguna Mundaú, que ocorrem, provavelmente, não apenas em função das menores concentrações de material particulado inorgânico em suspensão, em relação à região norte, mas, principalmente, em função do tipo de espécie dominante nesta região. Melo-Magalhães *et al* (2009) identificaram que as espécies dominantes na Manguaba são as cianofíceas de águas doces, principalmente *Anabaena spiroides*, no período seco, e *Microcystis aeruginosa*, no período chuvoso, e espécies de diatomáceas, com dominância de *Cytonella meneghiniana*. Ao sul da laguna Manguaba (GH1), a variabilidade da clorofila-a parece estar mais relacionada ao maior aporte de nutrientes e matéria orgânica do rio Sumaúma e do Município de Marechal Deodoro, menor turbidez em relação à região norte e a dominância de espécies de cianobactérias de água doce, sobretudo *Microcystis aeruginosa*, reconhecidas como estrategistas, capazes de se movimentar rapidamente na vertical, o que lhe permite buscar melhores condições de luminosidade e, portanto, propiciar o seu desenvolvimento.

5 | CONCLUSÕES

Apesar das lagunas pertencerem ao mesmo sistema, sendo lagunas vizinhas, interligadas, e com uso e ocupação do solo semelhante nas bacias de contribuição dos rios principais, cada laguna apresenta padrões espaço-temporais distintos de clorofila-a.

Neste estudo, foram utilizadas imagens com resolução de 500 m, mas o modelo aplicado para reconstrução das séries de clorofila-a utilizou uma combinação de bandas que também são disponíveis para a resolução de 250 m. Desta forma, é interessante realizar uma calibração considerando o produto de resolução espacial

mais refinada disponível para este sensor. Além disto, recomenda-se fortemente, a realização de novas campanhas de campo para a validação do modelo obtido neste estudo, e calibração de novos modelos considerando as resoluções radiométricas e espaciais dos sensores recentemente lançados da série Sentinel. Resoluções espaciais mais altas possibilitarão o monitoramento da clorofila-a também nos canais que interligam as lagoas. Com relação à resolução temporal das imagens de satélite, a presença de nuvens em estuários tropicais é muito frequente, sendo um fator que possivelmente inviabilize este tipo de abordagem utilizando sensores com piores resoluções temporais. A frequência quase diária do sensor MODIS foi fundamental para o alcance dos bons resultados obtidos neste estudo, haja vista, a quantidade de imagens que foram descartadas por apresentarem ausência total ou parcial de informações com alta qualidade. Ainda assim, as séries de clorofila-a tiveram que ser geradas numa escala de médias mensais, que nestas lagoas, devido aos elevados tempos de residência, e ao estado de estabilidade em que se encontram, não prejudicou a avaliação espaço-temporal da clorofila-a.

Apesar de não ter sido possível validar a equação de regressão do modelo MODIS (R858/R645), os resultados obtidos neste estudo corroboram com os resultados encontrados em estudos realizados durante o período de monitoramento do MODIS ou anteriores, sugerindo que o modelo apresentado tem forte potencial para monitoramento de clorofila-a no CELMM.

Além disto, as técnicas estatísticas utilizadas neste estudo mostraram-se ferramentas úteis para a identificação dos padrões de comportamento espaço-temporais da clorofila-a no CELMM.

6 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Edital MCTI/CNPq/2013 – Universal) e a FINEP (Edital No. 01.13.0419.0) que possibilitaram a compra dos radiômetros utilizados em campo, através dos referidos editais. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao CNPq pelas bolsas de doutorado e pós-doutorado júnior ofertada. Ao IMA/AL pela embarcação concedida para a realização das campanhas de campo realizadas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH, A. et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF, 2005. ISBN 0875530478 9780875530475.

BECKER, V. **Variação da estrutura e da biomassa fitoplanctônica na lagoa Itapeva (litoral norte do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica**. 2002. 118 (Master). Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BIERMAN, P. et al. **A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal**

water quality. *Ecological Indicators*, v. 11, n. 1, p. 103-114, 2011.

BLONDEAU-PATISSIER, D. et al. **A review of ocean color remote sensing methods and statistical techniques for the detection, mapping and analysis of phytoplankton blooms in coastal and open oceans.** *Progress in Oceanography*, v. 123, p. 123-144, 2014/04/01/ 2014.

BRITO JR., A. N. D.; FRAGOSO JR., C. R.; LARSON, M. **Tidal exchange in a choked coastal lagoon: A study of Mundaú Lagoon in northeastern Brazil.** Lund University 2017.

COSTA, T. L. F. et al. **Sources and Distribution of Particulate Organic Matter of a Tropical Estuarine-Lagoon System from NE Brazil as Indicated by Lipid Biomarkers.** *Aquat Geochem*, v. 17, p. 1-19, 2011.

CRESSIE, N.; WIKLE, C. K. **Statistics for Spatio-Temporal Data.** John Wiley and Sons, 2011. ISBN ISBN : 978-0-471-69274-4.

ESTEVEZ, F. D. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2nd. Rio de Janeiro: 1998. 575.

GITELSON, A. **The peak near 700 nm on radiance spectra of algae and water - relationships of its magnitude and position with chlorophyll concentration.** *International Journal of Remote Sensing*, v. 13, n. 17, p. 3367-3373, Nov 1992.

HARAGUCHI, L. et al. **Long-term changes of the phytoplankton community and biomass in the subtropical shallow Patos Lagoon Estuary, Brazil.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 162, p. 76-87, 2015.

IBANEZ, F.; CONVERSI, A. **Prediction of missing values and detection of 'exceptional events' in a chronological planktonic series: a single algorithm.** *Ecological Modelling*, v. 154, n. 1-2, p. 9-23, 2002.

LINS, C. R.; MARTINEZ, Jean-Michel; MOTTA MARQUES, D. M. L.; CIRILO, J. A.; FRAGOSO-JR, C. R. **Assessment of Chlorophyll-a Remote Sensing Algorithms in a Productive Tropical Estuarine-Lagoon System.** *Remote Sensing*, v. 9, 2017.

LINS, C. R.; MARTINEZ, Jean-Michel; MOTTA MARQUES, D. M. L.; CIRILO, J. A.; FRAGOSO-JR, C. R. **A Multivariate Analysis Framework to Detect Key Environmental Factors Affecting Spatiotemporal Variability of Chlorophyll-a in a Tropical Productive Estuarine-Lagoon System.** *Remote Sensing*, v. 10, 2018.

MATTHEWS, M. W. **A current review of empirical procedures of remote sensing in inland and near-coastal transitional waters.** *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, n. 21, p. 6855-6899, 2011.

MELO-MAGALHÃES, E. et al. **Determination of eutrophic areas in Mundaú/Manguaba lagoons, Alagoas-Brazil, through studies of the phytoplanktonic community.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, p. 271-280, 2009.

OLIVEIRA, A. M.; KJERFVE, B. **Regular Article: Environmental Responses of a Tropical Coastal Lagoon System to Hydrological Variability: Mundaú-Manguaba, Brazil.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 37, p. 575-591, 1993.

REYNOLDS, C. S. **The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers.** In: DESCY, J.-P.; REYNOLDS, C. S., et al (Ed.). *Phytoplankton in Turbid Environments: Rivers and Shallow Lakes: Proceedings of the 9th Workshop of the International Association of Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) held in Mont Rigi (Belgium), 10-18 July 1993.* Dordrecht: Springer Netherlands, 1994. p.9-21. ISBN 978-94-017-2670-2.

RICHMAN, M. B. **Rotation of principal components.** *Journal of Climatology*, v. 6, n. 3, p. 293-335, 1986.

SOUZA, A. **Avaliação do efeito do assoreamento na hidrodinâmica e no tempo de residência de um Complexo Estuarino Lagunar tropical.** 2017. (Master). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y.; ASSELBORN, V. M.; CASCO, S. L. **Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58, p. 359-382, 1998.

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-Público 1
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético 191, 193, 199
Água superficial 10, 135
Atenuação de energia 31
Atividade enzimática 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Atributos Físicos 48, 146

B

Bacia hidrográfica 25, 26, 53, 59, 60, 61, 67, 85, 90, 116, 117, 118, 119, 124, 130, 148, 241, 242
Band GAP 157, 158, 163, 164
Barragem subterrânea 40, 41, 42, 43, 47, 48

C

Camarão Peneídeo Estuarino 179
Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17
Catalase 209, 210, 212, 215, 227, 228, 229
Categoria de risco 49, 52, 55, 56
Concentração de Fe 230
Condutividade elétrica 1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 26, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 204, 205, 234, 236, 240
Condutividade hidráulica 18, 21, 44, 48, 146, 147, 149, 152, 154
Crescimento de Camarão-Rosa 179

D

Dano potencial associado 49, 52, 54, 55, 56
Dejetos de animais 230
Dessalinização 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253
Diagrama de gibbs 24, 27
Dimensionamento 77, 78, 79, 81, 83, 178

E

Erodibilidade 18, 22
Estação elevatória 62, 77, 78, 79, 80, 83
Estanho 191, 192, 193, 195, 199
Estatística multivariada 133
Eutrofização 133
Evaporação 24, 25, 27, 28, 29, 41, 42, 245, 247

F

Forma de batata 158
Fotocatálise 164, 191, 192, 199
Fotodegradação 158, 160, 164, 191, 194

G

Geoestatística 94
Geografia histórica 104
Gestão ambiental 31, 203, 208
Glutathione S-transferase 209, 210, 215

H

Hidrogeoquímica 24, 29

I

Índice de sustentabilidade 116, 117, 119, 121, 122, 125, 126, 129, 131
Índices de secas 68, 70
Infiltração de água no solo 18, 19, 146, 147, 149, 152, 156

M

Metais tóxicos 209, 210, 231
Modelos bio-ópticos 133

N

Nordeste do Brasil 25, 29, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 68, 69, 70, 117, 135, 188

P

Paisagens hídricas 104, 105, 106, 109
Pescados 116, 119, 121, 123, 126, 127, 128, 129
Plano de ação de emergência 49, 55
Polígono antropogênico 116, 117, 123
Potabilidade 1, 4, 8
Potencial matricial 19, 146, 148
Python 77, 78

Q

Qualidade da água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 29, 43, 45, 90, 134, 230, 234, 235, 241, 242, 243

R

Rede de arrasto não motorizado 179
Rompimento 49, 50, 54, 57, 63, 195

S

Secas 41, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72, 142

Semiárido 29, 40, 41, 42, 48, 51, 69, 75, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 169, 208, 244, 245, 246, 251, 253

Software 77, 78, 79, 81, 82, 83, 97, 102, 106, 149, 150, 154, 156, 216

Sustentabilidade municipal 116, 130

Swan 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

T

Tecnologia ambiental 48, 244

Tecnologias apropriadas 40

U

Urbanização 85, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 170

V

Variabilidade 12, 13, 14, 15, 69, 75, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 142, 155, 211

Vegetação 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 86, 87, 90, 92, 93, 94, 95, 236

Velocidade de infiltração básica 18, 19, 20, 21, 22, 23, 146, 148, 152

VIB 18, 19, 20, 21, 146, 152

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-668-3

