

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Sabrina Passoni Maraviesk

(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

Sabrina Passoni Maraviesk
(Organizadora)

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias / Organizadora Sabrina Passoni Maraviesk. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-57-4 DOI 10.22533/at.ed.574181510 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Maraviesk, Sabrina Passoni. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Estudos Interdisciplinares Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, e neste volume, em seus 18 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados nas diversas áreas das ciências exatas, da terra e das engenharias.

As Ciências Exatas e da Terra englobam diversas áreas como: a Física, a Matemática, Probabilidade e Estatística, a Química, a Ciência da Computação, a Astronomia, a Geociências e a Oceanografia. Estas áreas têm o importante papel de fornecer a base do conhecimento para as Engenharias e por este motivo, as Ciências Exatas e da Terra, englobam alguns dos campos mais promissores em pesquisas na Ciência, Tecnologia e Inovação.

Atualmente existem mais de trinta opções de formação acadêmica em Engenharia. E as mais comuns dentre elas são: Civil, Elétrica, Agrônômica, Mecânica, Ambiental, Florestal, Sanitária, de Computação, Química, de Alimentos, de Segurança do Trabalho, de Energias, Industrial, Produção, Biomédica, entre tantas outras.

A interdisciplinaridade entre estas áreas é um processo natural e inevitável, pois a formação dos profissionais engenheiros, seja qual for a Engenharia, necessita da relação entre diversas áreas do conhecimento.

O profissional formado em qualquer uma das áreas citadas acima se destaca pela capacidade de saber inovar com base na ciência, utilizando uma ou mais tecnologias. Isso se faz possível se este profissional tiver conhecimento das áreas que envolvam as relações humanas: como gestão, comunicação, liderança, habilidade de trabalho em equipe, empreendedorismo e criatividade. Atualmente não basta apenas ser bom em matemática e física, é preciso ser multi-intelectual.

Este volume é dedicado à interdisciplinaridade nas diversas áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias, pois o mercado atual exige uma revolução tecnológica e cabe a nós pesquisadores, das diversas áreas, buscarmos conhecer as demandas atuais para promover essas inovações de forma interdisciplinar, e não isoladamente. Neste sentido, esta obra foi dividida em cinco áreas: Administração, Agronomia, Engenharia Civil somado à Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Elétrica e Ensino.

Na área de Administração, o leitor identificará a interdisciplinaridade entre gestão e planejamento ambiental de áreas urbanas destacando atividades econômicas que são potenciais poluidores, buscando assim, inovação na área de Engenharia Mecânica para minimizar danos ambientais. E ainda, que para entender o comportamento do consumidor para um determinado produto, neste caso, a carne bovina se faz necessário o conhecimento da área de Alimentos e Produção Industrial.

Na Agronomia, métodos e programas estatísticos são utilizados para mostrar que a população de nematódeis varia com propriedades físicas do solo. Em outro estudo, mostra-se a forte relação da agronomia com os conhecimentos de química quando

trata-se da eficiência de uso de Nitrogênio ou da sua remobilização no cultivo do arroz. Na quantificação da perda de solos de uma bacia Hidrográfica é possível identificar a interdisciplinaridade com a matemática e a geociências.

A interdisciplinaridade na Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo é ainda mais acentuada, principalmente no que diz respeito à utilização da matemática, química, física, geociências, tecnologias, gestão e sustentabilidade. Nos estudos, verifica-se que é possível propor soluções ambientais por meio de estudos alternativos, como por exemplo, o uso do bagaço de cana-de-açúcar incorporado à liga asfáltica de borracha, uso de radar de penetração no solo para análise de revestimentos asfálticos, manejo sustentável das águas pluvias no meio urbano, utilização de ferramentas de análise multicritério na concepção de sistemas de abastecimento de água provinda de corpos hídricos subterrâneos, qualidade da água e otimização dos projetos arquitetônicos e o crescimento populacional, planejamento e drenagem urbana.

Na Engenharia Elétrica questões bastante atuais são abordadas a fim de conduzir os pesquisadores à tecnológicas sustentáveis, como é o caso do uso do hidrogênio como combustível e a reciclagem de placas de circuito.

Por fim, a área de Ensino que, dentre todas é a mais interdisciplinar de todas as outras áreas. Nesta, são abordadas algumas questões como motivação e a importância da metodologia adotada em sala para se trabalhar o ensino-aprendizagem nas engenharias, licenciaturas e tecnologias.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias promovendo a interdisciplinaridade nas diferentes áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO PERFIL POLUIDOR DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS INSTALADAS NOS MUNICÍPIOS DE MARINGÁ, PAIÇANDU E SARANDI NO PERÍODO DE 2000 A 2015.	
<i>Eloah Maria Machado Davantel</i>	
<i>Allan Barbeiro Modos</i>	
<i>Heloisa Helena da Silva Machado</i>	
<i>Júlio César Dainezi de Oliveira</i>	
<i>Silvia Luciana Fávaro</i>	
<i>Wagner André dos Santos Conceição</i>	
CAPÍTULO 2	15
ATRIBUTOS CONSIDERADOS POR CONSUMIDORES PARA A COMPRA DE CARNE BOVINA – ESTUDO DE CASO COM UNIVERSITÁRIOS DE CAMPO MOURÃO	
<i>Valderice Herth Junkes</i>	
<i>Andréa Machado Groff</i>	
CAPÍTULO 3	24
IMPACTO DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA NAVAL: ESTUDO DE CASO EM UM ESTALEIRO CEARENSE	
<i>Carlos David Pedrosa Pinheiro</i>	
<i>Priscila Maria Barbosa Gadelha</i>	
<i>Maxweel Veras Rodrigues</i>	
CAPÍTULO 4	40
AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE NEMATÓIDES DE VIDA LIVRE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM CULTIVO DE ADUBOS VERDES	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Amanda Elisa Marega</i>	
<i>Nágila Maria Guimarães de Lima Santos</i>	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Ricardo Luiz Louro Berbara</i>	
<i>Luiz Rodrigues Freire</i>	
CAPÍTULO 5	48
PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE REMOBILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE MUTANTES DE ARROZ osap18	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Andressa Fabiane Faria de Souza</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
<i>Manlio Silvestre Fernandes</i>	
CAPÍTULO 6	53
QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS	
<i>Diogo Yukio Uema</i>	
<i>Laine Milene Caraminan</i>	

CAPÍTULO 7	64
ANÁLISE COMPARATIVA DA DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA (DMT) DE UMA MISTURA ASFÁLTICA COM A INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DO MÉTODO RICE	
<i>Arthur Pereira Neto</i> <i>Allan Barbeiro Modos</i> <i>Jesner Sereni Ildefonso</i> <i>Ronan Yuzo Takeda Violin</i>	
CAPÍTULO 8	74
LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COM EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO (GPR) NA RODOVIA BR-153-ANÁPOLIS-GO	
<i>Antonio Lázaro Ferreira Santos</i> <i>Welitom Rodrigues Borges</i> <i>Isabela Resende Almeida</i> <i>Lucas Pereira Gonçalves</i> <i>Rafael Pereira Lima</i> <i>Rafael Araujo Rocha</i>	
CAPÍTULO 9	82
MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO: O CASO DE BRASÍLIA	
<i>Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira</i> <i>Maria do Carmo de Lima Bezerra</i>	
CAPÍTULO 10	96
MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
<i>Daniel Cordeiro Ferreira</i>	
CAPÍTULO 11	109
OTIMIZAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO CF40-G1 DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO – PAC EXECUTADO PELA COHAPAR	
<i>Allan Barbeiro Modos</i> <i>Arthur Pereira Neto</i> <i>Eloah Maria Machado Davantel</i> <i>Heloisa Helena da Silva Machado</i> <i>Berna Valentina Bruit Valderrama</i> <i>Júlio César Dainezi de Oliveira</i>	
CAPÍTULO 12	122
PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA: CONCEPÇÃO E CENÁRIO ATUAL	
<i>Bruna Forestieri Bolonhez</i> <i>Bárbara Lorrayne da Silva Motta</i> <i>Paulo Fernando Soares</i>	
CAPÍTULO 13	132
QUALIDADE DA ÁGUA NAS TRÊS BACIAS MAIORES (70%) CONTRIBUINTES DA BAÍA DE GUANABARA: GUAPI-MACACU, CACERIBU E IGUAÇU-SARAPUÍ	
<i>Ana Carolina Cupolillo Bruno Morena</i> <i>David Neves de Oliveira</i>	

Herman de Castro Lima Neto
Hélder Martins Silva
Emmanoel Vieira da Silva-Filho
Elisamara Sabadini Santos
Edison Dausacker Bidone

CAPÍTULO 14 150

O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO

Diego Rafael Laurindo
Oswaldo Hideo Ando Junior

CAPÍTULO 15 167

RECICLAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: UM ESTUDO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA RECUPERAÇÃO DE METAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva
Raffael Andrade Costa de Melo
André Luis Lopes Moriyama
Carlson Pereira Souza

CAPÍTULO 16 180

ANÁLISE DO PERFIL, MOTIVAÇÃO, SATISFAÇÃO E EXPECTATIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIANGULO MINEIRO

Vinícius Henrique Vivas
Priscila Pereira Silva
Luciene Alves
Geoffroy Roger Pointer Malpass

CAPÍTULO 17 196

CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Jerry Gleison Salgueiro Fidanza Vasconcelos
Maria de Lourdes Silva Neta
Antônio Cícero do Vale
Erick Dieb Souza

CAPÍTULO 18 207

UMA FORMA LUDICA DE APRENDER

Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho

SOBRE A ORGANIZADORA..... 215

QUALIDADE DA ÁGUA NAS TRÊS BACIAS MAIORES (70%) CONTRIBUINTES DA BAÍA DE GUANABARA: GUAPI-MACACU, CACERIBU E IGUAÇU-SARAPUÍ

Ana Carolina Cupolillo Bruno Morena

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

David Neves de Oliveira

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Herman de Castro Lima Neto

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Hélder Martins Silva

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Emmanuel Vieira da Silva-Filho

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Elisamara Sabadini Santos

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

Edison Dausacker Bidone

Pós-graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental)

Universidade Federal Fluminense
Niterói – Rio de Janeiro

RESUMO: Um banco de dados disponíveis sobre a qualidade de água fluvial foi estruturado para três sub-bacias hidrográfica afluentes da Baía de Guanabara, diferentes quanto ao uso do solo: Guapi-Macacu (menos impactada), Caceribu (intermediária) e Iguaçu-Sarapuí (altamente impactada). Com o objetivo de comparar a qualidade entre os rios e com a legislação nacional vigente, além de identificar os processos hidrogeoquímicos mais importantes, calculou-se o IQA e aplicou-se análise estatística multiparamétrica. O banco de dados ($n = 678$) apresentou dispersões acima de 100%, com exceção da temperatura e do pH, refletindo os diferentes graus de impacto das três sub-bacias. A demanda bioquímica de oxigênio foi $>20\text{mg L}^{-1}$ e o oxigênio dissolvido $<2\text{mg L}^{-1}$ na Iguaçu-Sarapuí - atividades urbano-industriais; na Guapi-Macacu $<3\text{mg L}^{-1}$ e $>6\text{mg L}^{-1}$, respectivamente, respeitando os critérios legais - abastecimento; e valores intermediários na Caceribu - agropecuária. O IQA indicou qualidade média para Guapi-Macacu e Caceribu, e muito ruim para Iguaçu-Sarapuí. A ACP identificou cargas orgânicas

urbano-domésticas e agropecuárias como forçantes dessa qualidade. Identificou-se leve piora de qualidade nos meses de verão (janeiro a março), devido ao maior aporte de material particulado advindo do escoamento superficial, provocado pelas chuvas. Melhor qualidade das águas na Serra em detrimento da Baixada foi diagnosticado, devido à menor influência humana por indústrias e residências.

PALAVRAS-CHAVE: índice de qualidade da água, processos hidrogeoquímicos, análise por componentes principais.

ABSTRACT: An available database about fluvial water quality was structured to three affluent basin of Guanabara bay watershed, different from each other related with the soil use: Guapi-Macacu (less impacted), Caceribu (intermediate) and Iguaçu-Sarapuí (highly impacted). The aim is to compare the quality among the rivers and with the current national legislation, besides identify the most important hidrogeochemical processes, and so the water quality index (WQI) was calculated and multiparametric statistical analysis was applied. The database (n = 678) showed dispersion above 100%, with exception of the temperature and pH, reflecting the different degree of impact of the 3 sub-basin. The biochemical oxygen demand was $>2\text{mg L}^{-1}$ and the dissolved oxygen $<2\text{mg L}^{-1}$ in the Iguaçu-Sarapuí – urban-industrial activities; in the Guapi-Macacu $<3\text{mg L}^{-1}$ and $>5\text{mg L}^{-1}$, respectively, respecting the legal criteria – supply; and intermediated values in Caceribu – farming. The WQI indicated medium quality to Guapi-Macacu and Caceribu, and too bad to Iguaçu-Sarapuí. The PCA identified urban-industrial and farming organic load like quality forcing. During the summer months (January to March), there was a slightly worse in the quality, due to the higher source of particulate matter coming from runoff, induced by rain. A better water quality in upstream compared to downstream was diagnosed, due to less human influence for industries and residences.

KEYWORDS: water quality index, hidrogeochemistry processes, principal component analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A qualidade da água depende das atividades exercidas na bacia hidrográfica, ou seja, depende do uso do solo, que inclui urbanização, agropecuária, indústria, mineração e unidades de conservação, por exemplo. O impacto dessas atividades sobre a água pode e deve ser avaliado, para melhor previsão/prognóstico da qualidade da mesma quanto à poluição ou assoreamento, veiculação hídrica de doenças (SETTI *et al.*, 2001) e mudança hidrogeológica (MECHI; SANCHES, 2010; TUNDISI; TUNDISI, 2008). Neste contexto, o monitoramento ao longo do tempo é importante para conhecer como a bacia se comporta, pois alguns elementos ou substâncias podem estar presentes em maiores concentrações mesmo em regiões bem preservadas, visto que depende também do tipo de rocha, solo e vegetação predominante (BIDONE *et al.*, 1999).

A evolução da qualidade da água ao longo do tempo e a divulgação desses dados à população são facilitados pela utilização do índice de qualidade de água (IQA),

composto por nove parâmetros/indicadores da qualidade (CETESB, 2009; SOARES *et al.*, 2012). Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, através da pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental (BROWN, 1974). Esse índice é frequentemente utilizado para comparação entre segmentos de um rio, entre diferentes rios, monitorar a qualidade sazonal, verificar se a legislação está sendo cumprida e identificar fenômenos naturais (OTT, 1978).

Um banco de dados disponíveis sobre a qualidade de água fluvial foi estruturado para as três sub-bacias afluentes mais volumosas na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (BHBG): Guapi-Macacu (menos impactada), Caceribu (intermediária) e Iguçu-Sarapuí (altamente impactada). Com o objetivo de comparar a qualidade entre os rios e com a legislação nacional vigente, avaliou-se o uso e ocupação das bacias e calculou-se o IQA. Além disso, considerando-se que as bacias são pequenas, com baixo tempo de retenção (5 a 10 horas) e alta declividade do terreno, avaliou-se ainda as potenciais variações sazonal (inverno e verão) e espacial (serra e baixada).

2 | ÁREA DE ESTUDO

Foram estudados cinco rios da BHBG: Guapi-Macacu, Caceribu e Iguçu-Sarapuí (Figura 1). De forma geral, os rios da região oeste da baía de Guanabara (BG) - Iguçu-Sarapuí - se encontram mais degradados. E os rios que desembocam na porção leste - Guapi-Macacu e Caceribu - encontram-se em melhor estado ambiental, ressaltando que deságuam na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, uma extensa área de manguezal em bom estado de conservação e, além disso, Guapi-Macacu compõem o sistema de captação de água para abastecimento humano (MASTERPLAN, 2013).

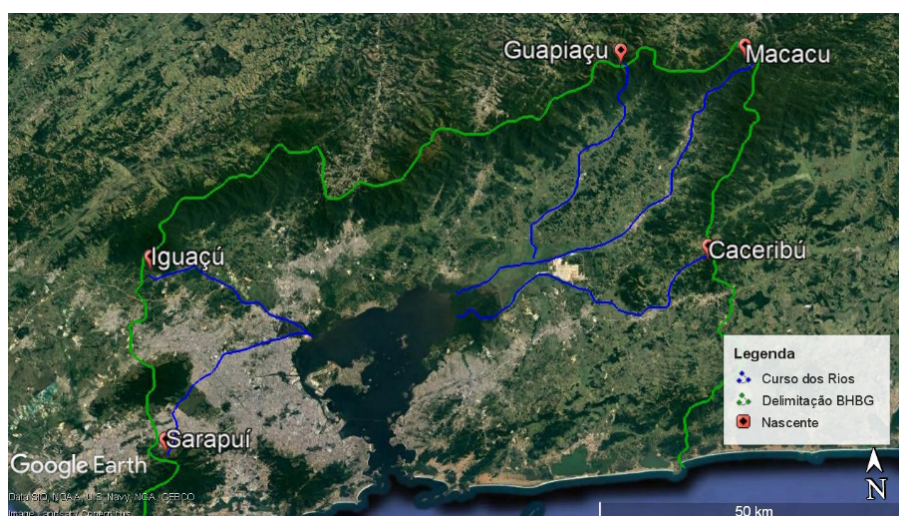


Figura 1 - Mapa da área de estudo com os rios delimitados assim como a área da BHBG.

As três sub-bacias se assemelham por três aspectos: (i) por serem pequenas (entorno de 1.000 km²), e localizadas na região da Serra do Mar; (ii) com setores montante e jusante em forte desnível; (iii) por serem compostas por rios pouco extensos; e (iv) com fatores de forma e de compacidade baixos, típicos de bacias alongadas que, juntamente com a alta declividade do terreno, sugerem tendência à exportação de materiais (LIMA, 2017).

A sub-bacia dos rios Guapi-Macacu corresponde a 31% do total da contribuição continental para a BG, com uma área de drenagem de 1640 km² (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Com uma extensão de 73 km (MASTERPLAN, 2013), o curso do rio Macacu foi desviado, passando a ser afluente do rio Guapiaçu (UFF/CEG, 2009) para construção do sistema de captação de água Imunana-Laranjal (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005). Portanto, abastece cerca de 2,5 milhões de habitantes e é utilizado para irrigação e piscicultura (IBG, 2002; CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; UFF/FEC, 2010a). O uso do solo é rural, com áreas de vegetação natural, agricultura e pastagens (UFF/CEG, 2009).

O rio Caceribu possui extensão de 60 km, sendo a segunda maior bacia de drenagem, com área de 826 km² (20,7 % do total da BHBG, IBG, 2002). Durante a mesma obra, o Caceribu que antes era afluente do Macacu, passou a ter sua própria foz na APA de Guapimirim (UFF/FEC, 2010a). O uso do solo é predominantemente para pecuária, onde sua vegetação herbácea é sujeita a queimadas periódicas para impedir regeneração e crescimento de espécies arbustivas e arbóreas. A agricultura, a indústria de cerâmica, extração de argila e o adensamento populacional significativo são outras atividades importantes (UFF/CEG, 2009).

Já a sub-bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí corresponde à terceira maior da BHBG, com uma área de drenagem de 699,4 km² (17 % do total) e extensão do rio Iguaçu de 43 km (CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR, 2005; COPPE, 2013; IBG, 2002). É a região com maior adensamento populacional, com agravante de possuir baixo saneamento básico e lançamento irregular de lixo e esgoto *in natura* nos rios (COPPE, 2013; COPPETEC, 2014).

3 | METODOLOGIA

Foi feita uma compilação de dados provenientes de monitoramentos e estudos específicos realizados por diversas instituições, para avaliar o comportamento dos rios e características das águas dos cinco rios. As fontes institucionais de dados foram: FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente), ANA (Agência Nacional de Águas), EIA Comperj (Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, CONCREMAT, 2007), Projeto Macacu (UFF/FEC, 2010a), Monitoramento Comperj (UFF/FEC, 2010b), INEA (Instituto Estadual do Ambiente), EIA Guapiaçu (AMBIENTAL ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2013) e Relatório REDUC (Refinaria de Duque de Caxias, UFF/FEC, 2009). Os dados variam

de 1992 a 2015 de forma descontínua.

Os parâmetros do IQA foram escolhidos por representarem aqueles coletados e analisados de forma mais regular e, por isso, representarem melhor a evolução da qualidade das águas fluviais, apesar das descontinuidades temporais observadas nos levantamentos das diferentes instituições. O IQA é um número inteiro, que varia de 0 a 100, ao qual é relacionado à uma classificação. Neste trabalho a classificação adotada foi a do INEA (Tabela 1).






Categoria de Resultados	IQA _{NSF}	Faixas
Excelente	$100 \geq \text{IQA} \geq 90$	
Boa	$90 > \text{IQA} \geq 70$	
Média	$70 > \text{IQA} \geq 50$	
Ruim	$50 > \text{IQA} \geq 25$	
Muito Ruim	$25 > \text{IQA} \geq 0$	

Tabela 1 - classificação do IQA segundo INEA (<http://www.inea.rj.gov.br/>).

Os dados foram apresentados na forma de gráficos *Box Plot* e diferenças significativas entre rios, entre verão e inverno e entre serra e baixada foram testadas a partir do teste *t-Student* no *software Statistica 8.0*. A relação multiparamétrica das três sub-bacias estudadas foram avaliadas por Análise de Componentes Principais (ACP) após normalização pelo método “*ranging*” (MILLIGAN; COOPER, 1985). Os meses de Janeiro, Fevereiro e Março foram considerados como de maior representatividade para a estação chuvosa (verão) e Junho, Julho e Agosto, para a estação seca (inverno). Para a separação do curso superior (serra) de cada rio, seguiu-se os critérios (i) condutividade elétrica característica de água doce ($< 1000\text{mS/cm}$), (ii) parâmetros de influência antrópica reduzidos, e (iii) altitude elevada, levando-se em consideração a cabeceira de cada rio, já que espera-se encontrar regiões de mata preservada, agricultura e pecuária na serra e, na baixada, ocupação urbano-industrial.

Calculou-se também a razão $\text{N-NO}_3\text{:P-PO}_4$, a qual de acordo com Bidone *et al.* (1999), classifica a qualidade dos rios em não poluídos (10 a 100), fracamente poluídos (1 a 10) e poluídos a altamente poluídos (0,1 a 1).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ocupação e uso do solo

Analisando a ocupação do solo COPPETEC (2014):

- Iguaçu-Sarapuí – predomínio de ocupação urbana; nascentes ainda florestadas; e presença de um polo industrial petroquímico na jusante;
- Caceribu – concentração urbana expressiva; nascente e foz bem preserva-

das; extensas regiões de pastagem; polo industrial da Petrobrás; proximidade do COMPERJ; e produção de argila (mineração);

- c. Guapi-Macacu – nascente e foz bem preservadas; adensamento populacional pouco expressivo; regiões de pastagem; proximidade do COMPERJ; e polo de água mineral.

Para o cálculo estimado do adensamento populacional nas regiões foi feita a soma da população dos municípios por onde os rios passam tomando como base o estudo do Consórcio Ecologus-Agrar em 2005. A bacia Guapi-Macacu possui cerca de 67 mil habitantes na região urbana e 20 mil na rural; Caceribu, 228 mil na urbana e 22 mil na rural; e Iguaçu-Sarapuí, 2,5 milhões na urbana e 3 mil na rural. Ou seja, Caceribu possui cerca de 3 vezes mais habitantes na região urbana comparado com Guapi-Macacu; e Iguaçu-Sarapuí cerca de 11 vezes mais que Caceribu. Já para a população rural, segue a ordem Caceribu > Guapi-Macacu > Iguaçu-Sarapuí.

Para o descarte de efluentes foi utilizado o mesmo princípio anterior com o censo de 2000 do IBGE, concluindo que a bacia Guapi-Macacu apresenta apenas 52,5% de seu esgoto direcionado a uma rede, Caceribu apenas 30,23% e Iguaçu-Sarapuí quase 60%. Além disso, apesar de coletado não é tratado adequadamente, como mostra o estudo do PSAM (Programa de Monitoramento Ambiental dos Municípios no Entorno da baía de Guanabara, 2014), onde a bacia Guapi-Macacu não possui esgoto tratado, Caceribu 2% e Iguaçu-Sarapuí cerca de 8% (tendo algumas disparidades, com o município de Belford Roxo com 34% e Nilópolis e São João de Meriti com 0%, por exemplo).

4.2 Panorama dos dados

O banco de dados estruturado, para todos os rios durante o período analisado, totalizou um número de 678 amostras de água. Todos parâmetros apresentaram dispersões ($[(\text{Desv. Pad} / \text{Média}) \times 100]$ acima de 100%, com exceção da temperatura e do pH, refletindo os diferentes graus de impacto das três sub-bacias. Diferença significativa entre os cinco rios foram identificadas (teste t-Student; $p < 0,05$) para pH, coliformes, OD (oxigênio dissolvido) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio, Figura 2).

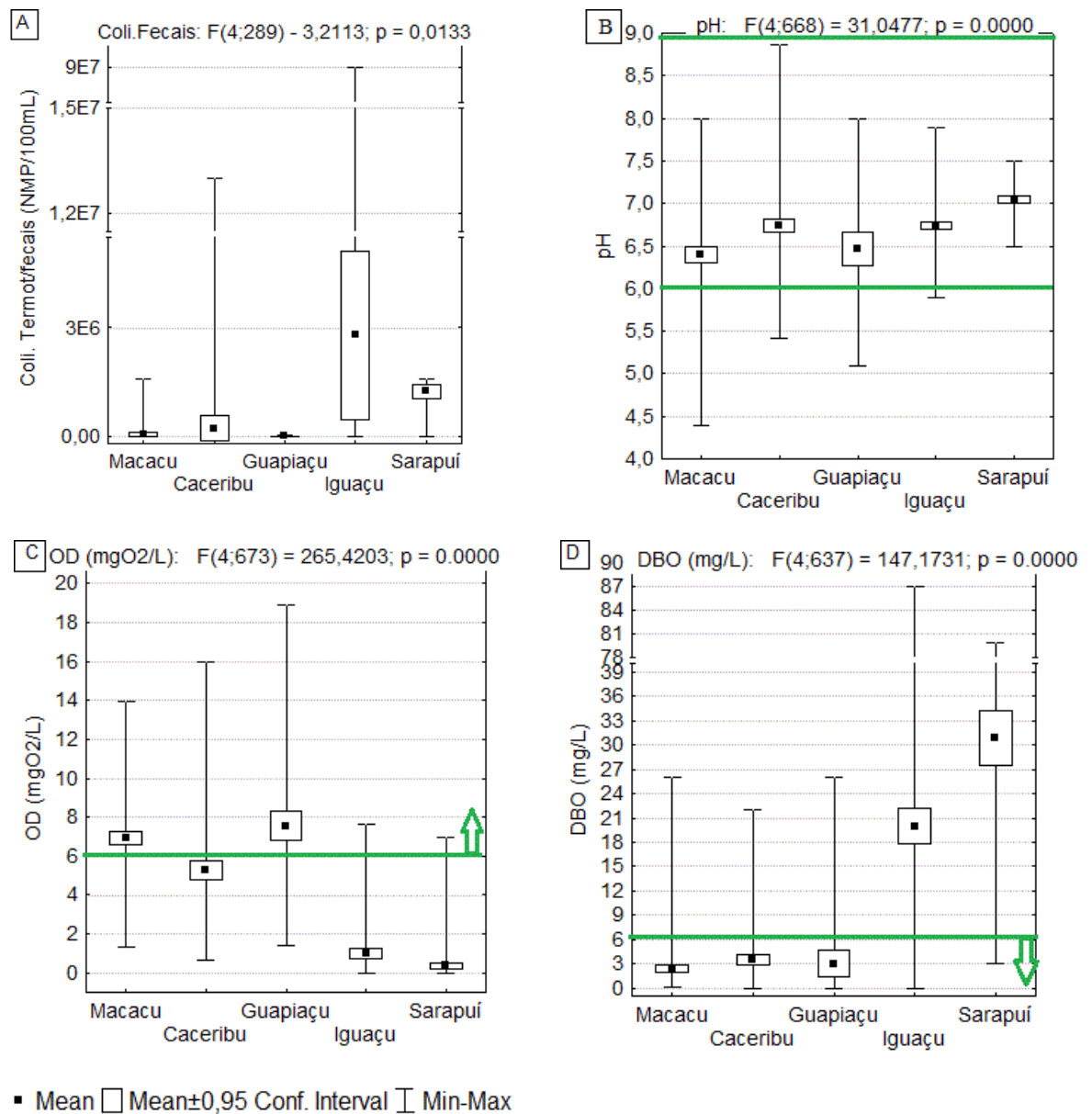


Figura 2 - Comparação de (A) coliformes fecais, (B) pH, (C) OD, (D) DBO para os 5 rios (todos com $p < 0,05$); as linhas verdes representam o limite da Resolução CONAMA 357 para águas doces de classe 2.

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo de coliformes fecais em águas de classe 2 deve ser 1.000 NMP/100 mL. Não foi possível marcar no gráfico devido à diferença entre máximos e mínimos ser muito acentuada. Os rios Guapi-Macacu apresentam alguns valores abaixo do limite, porém, mesmo servindo de água para abastecimento, possui valores acima daqueles estabelecidos. O Caceribu possui maior variação dos valores e os rios Iguaçu-Sarapuí possui valores bem acima do limite.

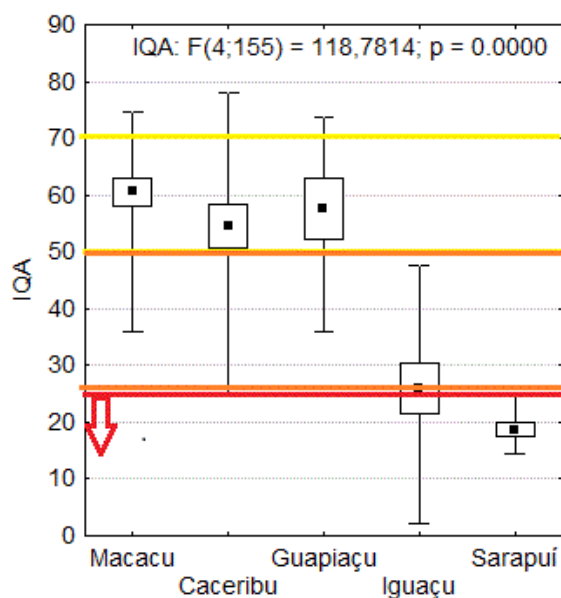
Para o pH, há uma tendência à alcalinidade nos rios Caceribu e Iguaçu-Sarapuí e leve acidificação para Guapi-Macacu, já que águas doces naturais tendem a ser pouco ácidas e o esgoto tende a ser alcalino. De forma geral, considerando que o intervalo estabelecido pela CONAMA 357/2005 é entre 6 e 9 para pH, todos os rios possuem maioria de seus dados enquadrados.

Ainda de acordo com a mesma Resolução, a concentração de OD deve ser

acima de 6 mg/L. Os rios Guapi-Macacu têm valores sempre acima, Iguaçu-Sarapuí com valores entre 0 e 2 mg/L, mostram altas cargas orgânicas. O Caceribu apresentou valores intermediários de OD, com alguns dados acima do limite.

Já para DBO, os rios Guapi-Macacu e Caceribu possuem a maioria dos dados com valores abaixo de 5 mg/L, como preconiza a Resolução CONAMA 357/2005, e os rios Iguaçu-Sarapuí com valores acima de 18 mg/L em sua maioria, acompanhando os dados de OD, já que a DBO está relacionada às cargas orgânicas e consequente consumo de oxigênio.

Para análise do IQA foram utilizados gráficos apenas do período de 2010-2015 (n = 160), pois apenas Projeto Macacu e INEA possuem os 9 parâmetros que compõem o IQA (Figura 3). Os rios se diferenciam significativamente entre si em relação às faixas de IQA e seguem a ordem de melhor para pior qualidade: Macacu > Guapiaçu > Caceribu > Iguaçu > Sarapuí.



▪ Mean □ Mean±0,95 Conf. Interval ┘ Min-Max

Figura 3 - IQA no período 2010-2015, comparando os cinco rios, com a delimitação do valor de IQA de acordo com as cores da classificação: amarelo: médio, laranja: ruim; vermelho: muito ruim.

Foi possível dividir os dados em dois grandes grupos. O primeiro, com boa parte dos dados com $IQA \geq 50$ (qualidade média), para os rios Macacu, Guapiaçu e Caceribu. Com destaque para o sistema Guapi-Macacu que alimentam o sistema de captação de água para abastecimento de Imunana-Laranjal. Já o Caceribu, comporta-se de forma intermediária, pois possui maior quantidade de indústrias, agricultura e pecuária em relação aos outros dois.

O segundo grupo com $IQA \leq 25$, representando qualidade de ruim a muito ruim, é o dos rios Iguaçu-Sarapuí, dois dos rios mais poluídos da BHBG, com maior atividade urbano-industrial por todo seu percurso, além de lançamento de efluentes domésticos em grande.

4.3 Análise dos Processos Hidrogeoquímicos

A fim de estudar melhor os processos que regem os componentes hidrogeoquímicos dos rios, efetuou-se análise multiparamétrica dos dados. Foram selecionados parâmetros de maior representatividade no banco de dados (maior número amostral), o que, infelizmente, não contemplou todos os parâmetros que compõem o IQA.

Duas ACPs foram geradas, uma com as nove variáveis ($n = 167$) utilizadas para o cálculo do IQA (exceto o fosfato, substituído por fósforo total) e outra com seis variáveis ($n = 531$). Foi utilizado o fósforo total (PT) porque o número amostral é maior e, também, porque é um importante indicador de carga particulada (Figura 4).

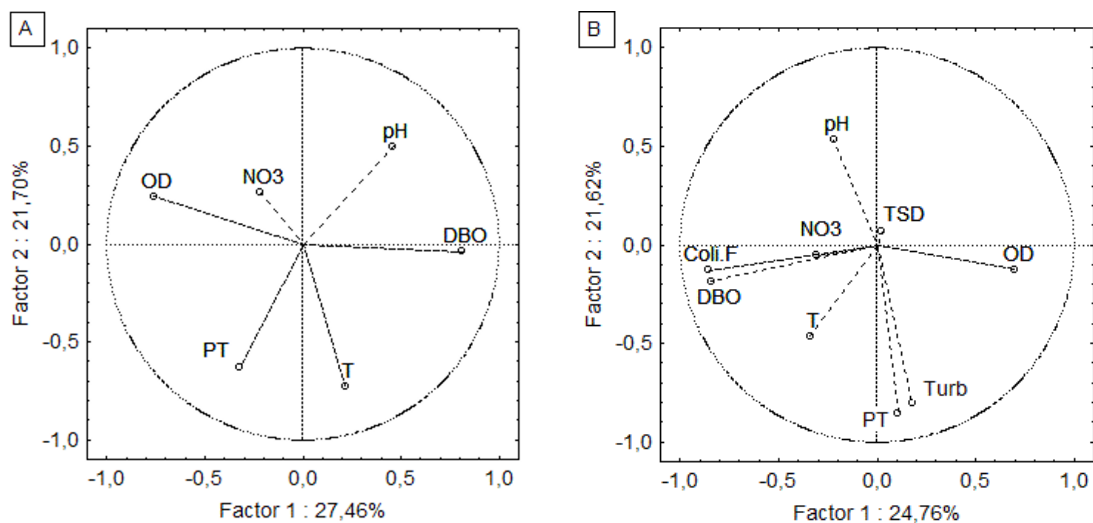


Figura 4 - (A) ACP com os 6 parâmetros de $n=531$ e (B) ACP com 9 parâmetros do IQA de $n=167$.

No primeiro gráfico de ACP (6 variáveis – figura 4A) é possível observar que os parâmetros que regem o Fator 1 são oxigênio à esquerda e DBO e pH à direita, indicando que esse fator pode representar o processo de oxidação da carga orgânica provinda da bacia de drenagem (agropecuária e esgoto), consumindo o OD. O pH também aumenta (torna-se mais alcalino) conforme aumenta a carga de esgoto, ou seja, é diretamente proporcional ao aumento de DBO. Em contrapartida, o oxigênio dissolvido aumenta com a diminuição da carga de esgoto lançada, visto que a degradação da matéria orgânica consome OD.

Já no Fator 2, os parâmetros que regem são PT e temperatura abaixo e pH acima. O PT é um indicador de aumento de carga em suspensão, pois representa a fração particulada. Esse aumento de carga é consequência do aumento de chuvas que carregam material terrestre para os rios. Como o período chuvoso é durante o verão nesta região, há um aumento na temperatura diretamente proporcional ao aumento de PT. Como o pH diminui (torna-se mais ácido) no período chuvoso, ou seja, como os dois parâmetros são inversamente proporcionais, ele apresenta-se no outro extremo da ACP em relação ao PT.

O mesmo ocorre para a ACP com 9 variáveis (Figura 4B), onde os 3 parâmetros

a mais confirmam os processos acima, com o PT acompanhando a turbidez que representa aporte de carga e os coliformes fecais acompanhando a DBO, sugerindo que essa carga tem significativo teor orgânico, possivelmente provinda de efluentes agropecuário e urbano/industrial. Sendo assim, o Fator 1 representa entrada de carga orgânica e o Fator 2, entrada de carga particulada por escoamento superficial devido às chuvas/lavagem das bacias.

4.4 Efeito da sazonalidade – Verão e Inverno

Na figura 5 estão representadas a média do IQA para as duas estações do ano mais marcadas (verão e inverno). É possível observar que os valores não variam muito entre as estações, porém há, em alguns casos, uma leve melhora nos meses de inverno, visto que no verão, com a maior incidência de chuvas, ocorre um aumento no escoamento superficial, responsável por carrear mais material das bacias de drenagem para dentro dos rios, diminuindo sua qualidade. Os rios Iguazu e Sarapuí diferem significativamente dos demais rios avaliados, conforme já discutido anteriormente.

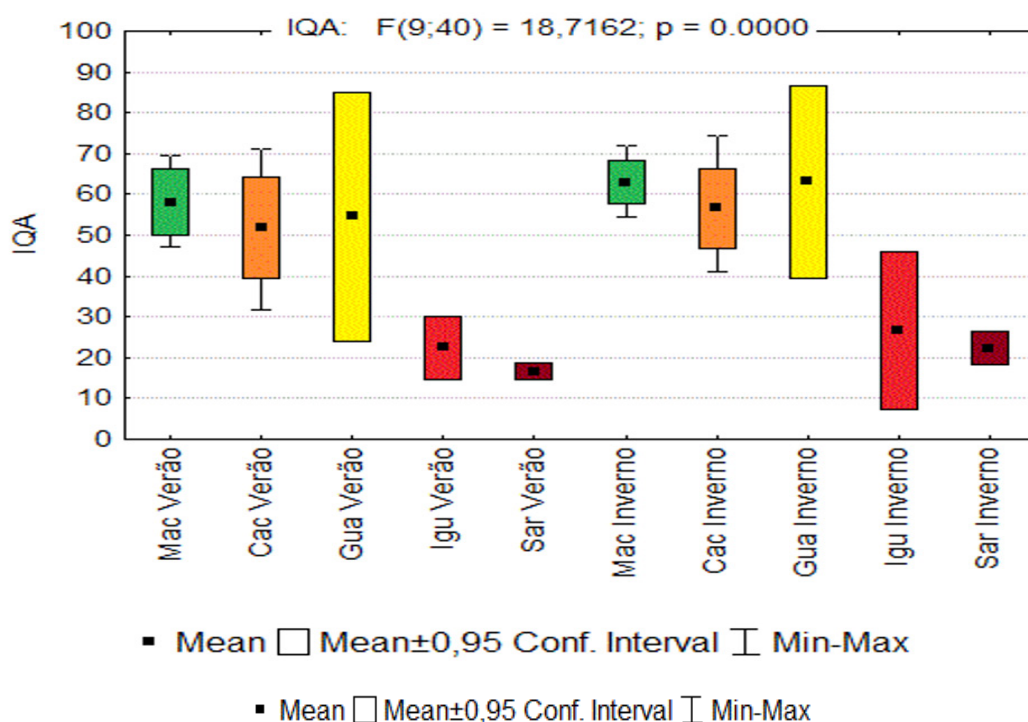


Figura 5 - Distribuição do IQA em cada rio separado por estação do ano (verão e inverno).

Análises multiparamétricas foram realizadas a partir da média dos dados de janeiro, fevereiro e março e de junho, julho e agosto. O Fator 1 explica 26% da variância dos dados durante o verão (Figura 5A) e 40 % durante o inverno (Figura 5B). No verão, os parâmetros que regem o Fator 1 são, de um lado, DBO, coliformes e pH mais expressivos se contrapondo à turbidez e PT, indicando que podem haver duas diferentes fontes de carga orgânica nessa estação: esgoto e escoamento superficial. Já no inverno, os parâmetros são DBO, coliformes, turbidez, PT se contraponto ao OD. O Fator 2 nas duas ACPs, não representa nenhum processo biogeoquímico relevante,

provavelmente devido ao 'n' amostral reduzido (n = 58 no verão e n = 33 no inverno).

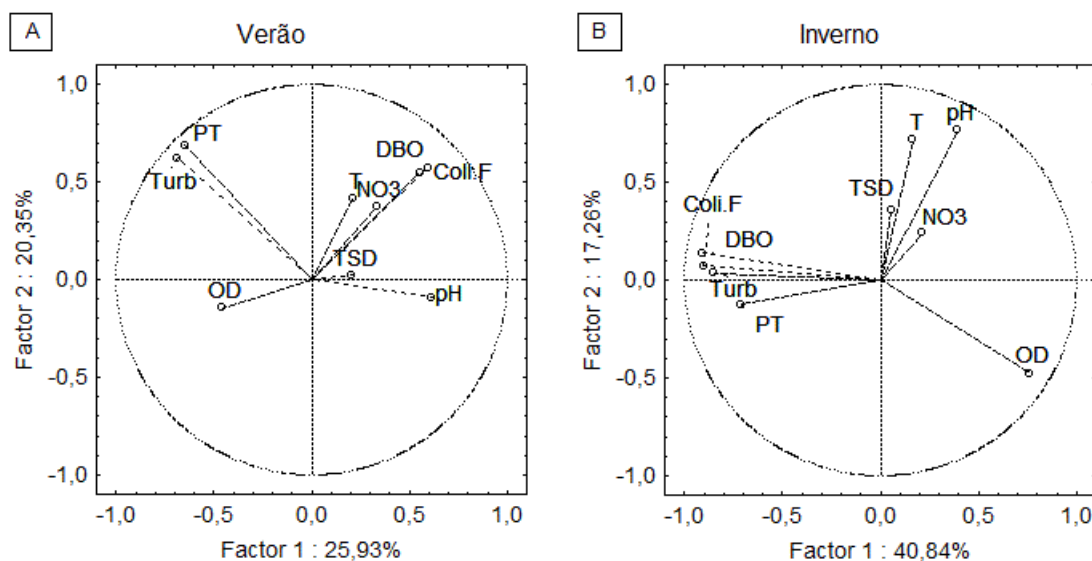


Figura 6 - (A) ACP para os meses de verão (n = 58) e (B) para os meses de inverno (n = 33).

Diferenças significativas (teste t-Student; $p < 0,05$) foram observadas para os parâmetros temperatura, pH e nitrato. A temperatura varia cerca de 5 °C entre as estações; o pH torna-se levemente mais ácido no verão devido às chuvas; e o nitrato, no verão, é menor nos rios Macacu e Caceribu e é maior no rio Iguaçu. É provável que a ocupação do solo interfira nessa diferença. Pode ser que, especificamente para o nitrato, nas regiões dominadas por agropecuária (Caceribu e Macacu), a diluição pelas chuvas no verão seja mais expressiva que o aumento do aporte superficial, diminuindo as concentrações de nitrato nessa estação do ano. Ou, ainda, que o nitrato seja consumido pela produtividade primária nessas regiões que possuem águas mais claras e, provavelmente, maior produtividade primária comparando com os outros rios. Já para a região dominada por indústrias e maior densidade demográfica (rio Iguaçu), o escoamento superficial dos solos (“lavagem da bacia”) é mais expressivo que a diluição, fazendo com que a concentração de nitrato aumente no verão.

Uma discussão mais detalhada dos processos biogeoquímicos necessitaria de uma avaliação mais completa das formas inorgânicas de nitrogênio (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+), vinculadas ao potencial de oxi-redução, no entanto, não existem dados disponíveis.

4.5 Efeito da Compartimentação do Relevo – Serra e Baixada

Separando-se os dados em Serra (montante) e Baixada (jusante), foram realizadas novas ACPs (Figura 7). Na Serra (Figura 7A), o nitrato é bem mais expressivo no Fator 1 junto à DBO, aos coliformes e ao TSD (total de sólidos dissolvidos). Considerando que o Fator 1 é expresso pela entrada de carga orgânica (esgoto e agropecuária), na Serra, essa relação entre nitrato e demais parâmetros provém da matéria orgânica disponibilizada por essa região, (agropecuária). Pode ser, também, um indicativo de

nitrificação por ser um ambiente mais óxico.

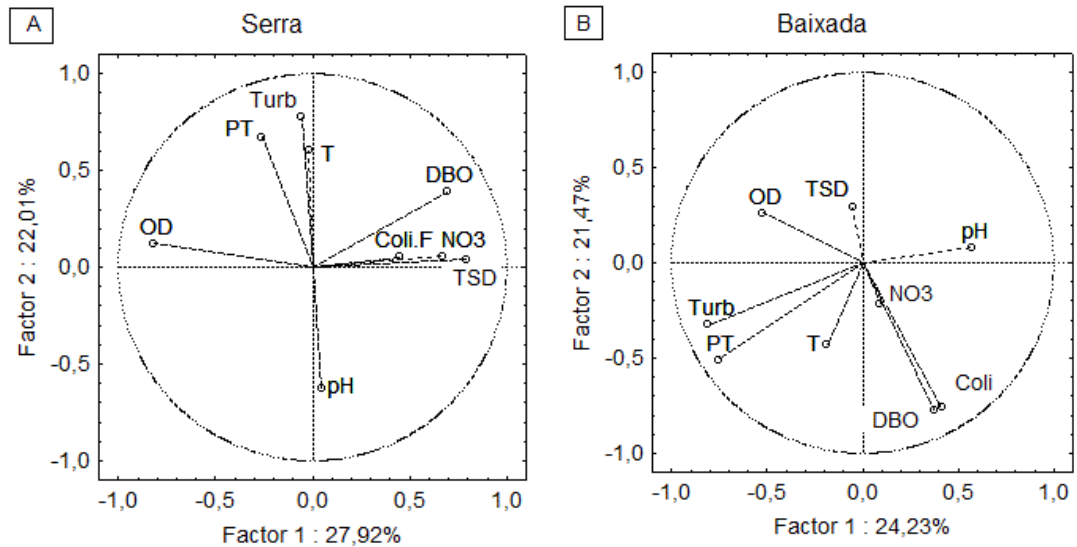


Figura 7 - ACP representando os processos (A) na Serra (n = 59) e (B) na Baixada para o banco de dados (n = 103).

O nitrato é um nutriente utilizado como fertilizante, os coliformes podem ser provindos dos animais da pecuária e a DBO é a consequência dessa elevada carga orgânica que consome mais oxigênio para sua degradação, processo confirmado pela oposição do OD no Fator 1.

Já o Fator 2, na Serra, segue o mesmo padrão observado para a ACP com 9 variáveis apresentado acima, sendo bem mais expressivos nessa ACP-Serra, indicando aumento de carga particulada (turbidez e PT) durante as chuvas de verão. Os parâmetros temperatura, turbidez e PT se contrapondo ao pH indicam, também, que, com a lavagem da bacia, esse maior aporte de particulado implicaria em maior aporte de substâncias húmicas reduzindo o pH.

Para a ACP-Baixada (Figura 7B), no Fator 1, o mesmo padrão que o anterior é observado, aumento de chuvas que gera aumento na turbidez e no PT durante o verão (maior temperatura) ou período de seca que concentra esses elementos. Para o Fator 2, coliformes e DBO estão muito expressivos e, no outro extremo, OD, confirmando maior entrada de efluentes, neste caso, doméstico.

Foram gerados gráficos de IQA no *Box Plot* dividindo em Serra e Baixada (Figura 8).

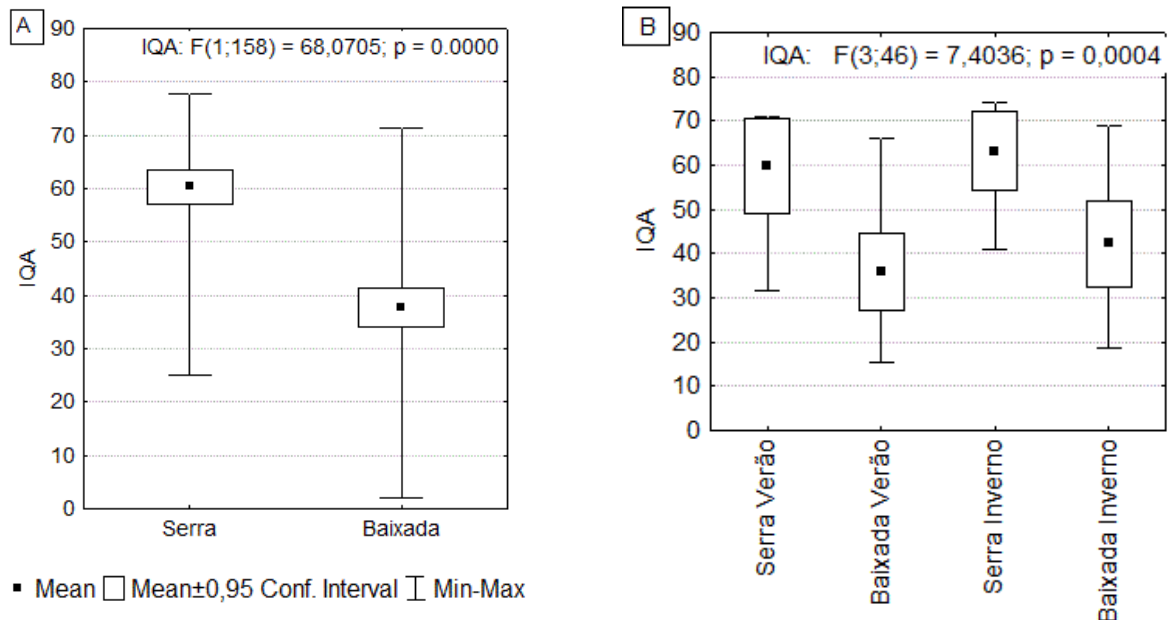


Figura 8 - Box Plot do IQA para (A) Serra e Baixada e (B) Serra e Baixada separados em inverno e verão para os cinco rios.

Comparando-se o IQA da Serra ao da Baixada é possível observar que a qualidade da água na Serra varia próximo à 60, indicando uma qualidade média e, na baixada, ruim (< 40). Confirmando que é possível separar os dados em dois grupos e, ainda, que a qualidade na Serra, apesar de apresentar significativa atividade de agropecuária, ainda mantém uma qualidade melhor, devido à maior preservação da mata ciliar e ao menor despejo de esgoto.

Já na Baixada, mesmo para os rios Guapi-Macacu, os valores de qualidade de água indicam significativa influência antrópica, levando-se em consideração a média. Além disso, as regiões em que os rios Iguazu e Sarapuí percorrem possuem um elevado adensamento populacional e alguns polos industriais. Comparando-se os valores de inverno e verão, é possível confirmar que no verão a qualidade da água sofre uma leve diminuição devido ao maior escoamento superficial provocado pelo aumento das chuvas. Validando, também, o Fator 2 das ACPs anteriores.

Vale lembrar que a bibliografia não possui dados para as regiões a montante dos rios Iguazu e Sarapuí, portanto, seus dados foram considerados todos como Baixada. Porém, como é possível observar na figura 9, apesar de a qualidade ser melhor, o padrão se mantém para Guapi-Macacu e Caceribu, ou seja, a qualidade das águas de Serra é melhor que a de Baixada, com $p < 0,05$, mesmo para os três rios mais preservados.

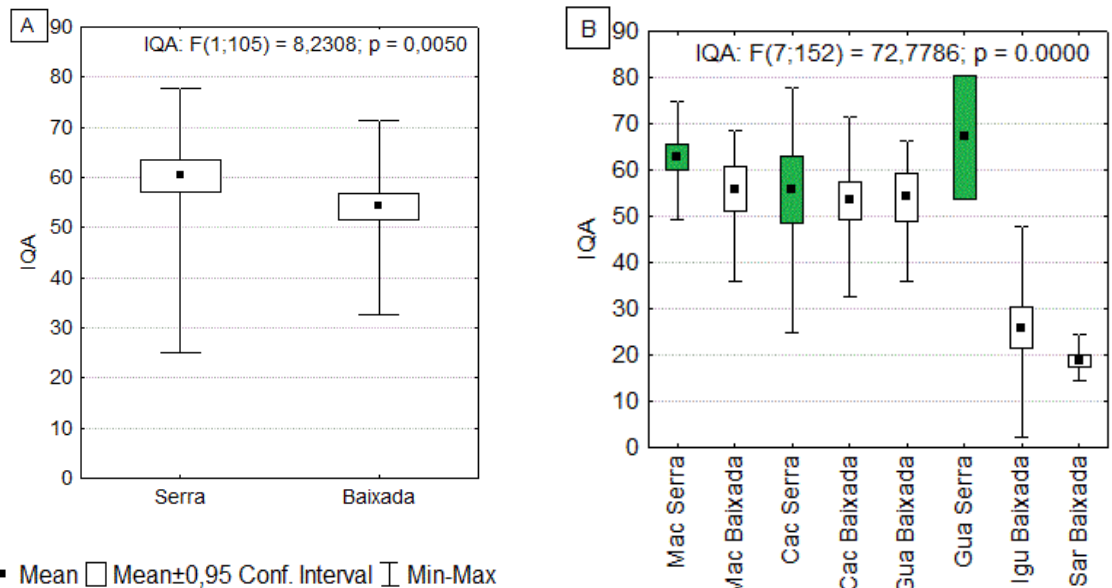


Figura 9 - Box Plot comparando-se (A) Serra e Baixada dos rios Guapi-Macacu e Caceribu e (B) Serra e Baixada separada para cada rio. Em verde os dados considerados de Serra.

Separando os rios individualmente em Serra e Baixada é possível confirmar a hipótese que as qualidades são melhores para a Serra mesmo para os rios mais preservados, com destaque para a melhor qualidade no rio Guapiaçu, que apresenta, menor ocupação do solo e as matas mais preservadas que funcionam como filtro/barreira para o escoamento superficial.

Diferenças significativas (teste t-Student; $p < 0,05$) foram observadas para os parâmetros pH, OD, turbidez, nitrato e PT. Nos rios Macacu e Caceribu, OD e pH são menores na baixada, e turbidez, nitrato e PT são maiores na baixada, devido à maior entrada de efluentes domésticos e material orgânico provindo da agropecuária nas regiões mais à jusante. O Guapiaçu apresentou melhores resultados ao longo de todo seu percurso como foi visto nas outras análises, portanto poucos parâmetros variaram ao comparar Serra e Baixada (4 de 9 parâmetros).

4.6 Razão N-NO₃:P-PO₄

Um dos motivos da utilização dessa razão é a avaliação do nutriente limitante para a produtividade primária (REDFIELD, 1958). Valores de razão N:P superiores a 16, indicam limitação por fósforo; já os valores abaixo de 5 indicam limitação por nitrato.

Para o banco de dados, foi calculada a razão N:P utilizando dados de nitrato e fósforo, para as estações que possuíam dados para mais de um mês do verão ou do inverno em determinado ano (Tabela 2). Como o INEA/FEEMA disponibiliza apenas os dados de PT, e a maior parte do banco de dados para os rios Iguçu-Sarapuí provém dessa fonte, não foi possível calcular a razão para esses dois rios.

Estações		N-NO ₃ :P-PO ₄ verão	N-NO ₃ :P-PO ₄ inverno	Rio
MA2	Cemitério (2009)	25,64	12,39	Macacu
MA4	Parque Ribeira (2009)	32,91	15,02	Macacu
	Macacu Mont (2007)	160,54		Macacu
MA5	M1 (2009)	213,86	280,22	Macacu
	M1 (2010)	6,40	34,69	Macacu
MA6	M2 (2009)	188,46		Macacu
	M2 (2010)	12,61		Macacu
	Mac-Guapi Jus (2007)	101,86		Macacu
MA7	Imunana (2009)	127,69	37,43	Macacu
	M4 (2009)	62	143,08	Macacu
	M4 (2010)	3,34		Macacu
MA8	M5 (2009)	86,85	388,48	Macacu
	M5 (2010)	2,79		Macacu
MA9	M6 (2009)	166,07	169,91	Macacu
	M6 (2010)	12,01		Macacu
CA2	Tanguá (2009)	101,53	19,98	Caceribu
	Caceribú Mont (2007)	136,55		Caceribu
CA3	C1 (2009)	89,09	194,72	Caceribu
	C1 (2010)	9,73		Caceribu
CA4	Reta Nova (2009)	59,30	58,91	Caceribu
CA5	C2 (2009)	106,54	329,05	Caceribu
	C2 (2010)	3,29		Caceribu
	Caceribú Jus. (2007)	41,39		Caceribu
CA6	BR493 (2009)	9,68	7,64	Caceribu
	C3 (2009)	1,32	61,56	Caceribu
	C3 (2010)	0,42		Caceribu
CA7	C4 (2009)	177,66		Caceribu
GU1	Duas Barras (2009)	83,40	26,82	Guapiaçu
GU2	M3 (2009)	37,35		Guapiaçu

Tabela 2 - Razão N-NO₃:P-PO₄. Em todas as estações de montante para jusante em cada rio. Classificação: verde = rios naturais, não contaminados, amarelo = fracamente poluídos.

Em verde estão os 'rios pequenos fracamente poluídos' e em amarelo 'rios naturais pequenos e grandes' (BIDONE *et al.*, 1999). Como os três rios são de regiões com predomínio de agropecuária sobre entrada de efluentes domésticos, as concentrações de nitrato e fosfato era de esperar que fossem mais elevadas devido à carga de fertilizantes e despejos originados do gado.

Nos meses de inverno os rios apresentam-se com valores mais próximos de rios naturais já que, nesse caso, a influência do escoamento superficial é menor, carreando menos material para os rios. Já para os meses de verão, mesmo os rios que servem para abastecimento, apresentam algumas regiões como rios fracamente poluídos, justamente pela interferência do escoamento superficial provocado pela maior incidência de chuvas, como descrito acima no tópico de efeito da sazonalidade.

Apesar de não possuir dados nesses períodos para o rio Iguaçu, foi calculada a razão a partir do trabalho de Brandini *et al.* (2016) a fim de se obter um valor

característico para este rio. O ponto coletado foi próximo à foz no mês de abril e o resultado encontrado foi de 0,08, caracterizando-o como um rio altamente poluído.

5 | CONCLUSÃO

Apesar das nascentes de todos os rios estudados estarem inseridas em regiões ainda preservadas, de densa vegetação e, na maioria das vezes, dentro de unidades de conservação, o curso de cada rio possui um tipo de ocupação do solo: a bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí possui alta densidade demográfica e importantes polos industriais, a bacia dos rios Guapi-Macacu possui regiões ainda preservadas, apesar da ocupação urbana e das regiões de agropecuária, e a bacia do rio Caceribu como um intermediário às duas outras bacias, possui ocupação urbana, relativamente expressiva, regiões de agropecuária e presença de um polo de extração de argila importante.

O IQA indicou uma ordem de qualidade das três bacias: Guapi-Macacu > Caceribu > Iguaçu-Sarapuí, com as duas primeiras com valores centrados na qualidade média ($50 < \text{IQA} < 70$) e a bacia dos rios Iguaçu-Sarapuí com qualidade sempre ruim ($\text{IQA} \sim 40$) e muito ruim ($\text{IQA} \sim 25$). O IQA mostrou uma leve piora de qualidade nos meses de verão (janeiro a março) devido ao maior aporte de material particulado advindo do escoamento superficial provocado pelas chuvas. Entretanto, mostrou diferenças entre os compartimentos Serra e Baixada.

Avaliando, com o uso de ACP, os processos que regem os componentes hidrogeoquímicos dos rios foi possível diferenciar dois processos: (i) entrada de matéria orgânica provinda de efluentes domésticos e industriais e da agropecuária (de acordo com o uso predominante do solo); (ii) entrada de carga particulada a partir do escoamento superficial induzido pelas chuvas. A sazonalidade praticamente não interfere no modelo dos processos.

O nitrato apresentou-se em maiores concentrações nas regiões de agropecuária e diluído durante o verão. Os processos se mantêm nos dois compartimentos, Serra e Baixada. Apenas com o nitrato (provindo de fertilizantes, principalmente) apresentando uma tendência a acompanhar DBO na Serra, e um incremento dos coliformes provindos de atividades humanas na Baixada.

Nas cabeceiras se hipotetiza que o menor volume de água durante o inverno faz com que as concentrações dos parâmetros aumentem nessa estação, já no verão, o fator de diluição é mais expressivo que o carreamento pelo escoamento superficial, resultando em uma água de melhor qualidade.

REFERÊNCIAS

AMBIENTAL ENGENHARIA E CONSULTORIA. **Estudo de Impacto Ambiental para Análise de Viabilidade Ambiental da Implantação da Barragem do Rio Guapi-Açú com vistas à ampliação**

da oferta de água para a região do Conleste Fluminense localizado no Município de Cachoeiras de Macacu/RJ. Rio de Janeiro, 2013.

BIDONE, E.D. et al. Natural and Cultural Nutrient Levels in Rivers of Small Coastal Watersheds, S-SE, Brazil. *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems*, Rio de Janeiro, Brazil. **Série Geoquímica Ambiental**, v.6 p.89-103, 1999.

BRANDINI, N. et al. Nutrient behavior in a highly-eutrophicated tropical estuarine system. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.28. 2016.

BROWN, 1974 BROWN, R. M. & McClelland, N. I. **Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management.** Michigan: National Sanitation Foundation, 1974. 27 p.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2009. 43p.

CONSÓRCIO ECOLOGUS-AGRAR. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. Relatório Final - Síntese. Rio de Janeiro, 2005. 190p.

COPPE, Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Plano diretor de recursos hídricos, controle de inundações e recuperação ambiental da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí. Projeto Iguaçu. Resumo Técnico. Laboratório de Hidrologia da COPPE. Rio de Janeiro, 2013. 325p.

COPPETEC. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, PERHI-RJ. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014. 125p.

IBG, Instituto Baía de Guanabara. **Nossos Rios.** Niterói, 2002. 31p.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014751.pdf>. Acessado em: 23/08/2018

LIMA, H.C. **Balanço de fluxos hidrogeoquímicos na bacia do rio Guapi-Macacu, RJ.** Niterói, 2017. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

MASTERPLAN, Consultoria de Projetos e Meio ambiente. Águas da baía de Guanabara (AGBG). Entidade delegatária das funções de Agência de águas. **Plano Corporativo.** Rio de Janeiro, 2013.

MECHI, S., SANCHES, D.L. Impactos ambientais na mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.24, n.68. p.209-220, 2010.

MILLIGAN, G. W., & COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika**, v.50, p.159–179. 1985

OTT, W. **Water quality indices: a survey of indices in the United States.** Environmental Monitoring Series. Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1978. 118p.

REDFIELD, A.C. The biological control of chemical factors in the environment. **American Scientist**, v.46, n.3, p.205-211. 1958

SETTI, A.A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 207p.

SOARES, F.F.L., et al. Uso de índices descritivos e preditivos para diagnósticos de corpos d'água. In:

INEA (Org.). **Revista INEANA**. Rio de Janeiro, v.1, n.1, 2012.

TUNDISI, J.G., TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

UFF/CEG. Mundo & Vida: alternativas de estudos ambientais, ano 10, v.10, n.2. Niterói: **Instituto de Geociências**. 2009.

UFF/FEC, **Estimativa da participação da UM-REDUC nas cargas de contaminantes exportadas para a baía de Guanabara, devido ao descarte de seu efluente no Rio Iguaçu. Relatório Final**. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geoquímica – Niterói, RJ, 2009.

UFF/FEC, **Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu**. Niterói, RJ, 2010a. 544p.

UFF/FEC. **Programa de Monitoramento de parâmetros ambientais do COMPERJ**. Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2010b.

SOBRE A ORGANIZADORA

SABRINA PASSONI MARAVIESK Possui graduação em Licenciatura em Física e Mestrado em Ciências/ Física, ambos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda na área de Ensino de Ciências nas Engenharias e Tecnologias pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É também professora adjunta do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais na cidade de Ponta Grossa. Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Mecânica Aplicada, Eletricidade e Magnetismo, Física Atômica e Nuclear, Física da Ressonância Magnética Nuclear, Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica; nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Tecnologia em Radiologia, Pós -Graduação em Segurança do Trabalho e Imagenologia. Já atuou como professora de Ensino Médio em escolas pública e particular ministrando aulas de Física e Robótica.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-57-4



9 788585 107574