



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)**

NOTA TÉCNICA Nº16/PES/2023

De 29 de janeiro de 2023

Assunto: Nota Técnica sobre os eventos representando a crise sanitária e ambiental aguda vivenciada na ilha de Santa Catarina, Florianópolis - SC.

Resumo

Nos últimos dois meses foram notórias as evidências de comprometimento da saúde dos ambientes costeiros no Estado de SC e, em destaque, no Município de Florianópolis, documentadas pela carência de balneabilidade, pela epidemia de diarreia, e por último, pelo evento de mortalidade de peixes no manguezal do Itacorubi, região central da Ilha de SC. A análise dos dados pretéritos, assim como da conjuntura durante os eventos, aponta para deficiências de saneamento básico como fator causal principal, destacando-se por falta de coleta universal e de tratamento de esgoto adequados (terciário). Destacam-se ainda as deficiências na drenagem e o crescimento desordenado da ocupação urbana que resultaram em grandes fluxos anômalos de água, acompanhados de processos erosivos e de escoamento que intensificaram a eutrofização, a turbidez das águas superficiais e o assoreamento dos corpos hídricos, enseadas e baías. Estas carências comprometeram a capacidade suporte dos corpos receptores, tendo por consequência o colapso do sistema como um todo, considerando seus aspectos socioambientais e econômicos. O Programa Ecoando Sustentabilidade sugere nova qualificação para a análise de balneabilidade e a criação de um comitê multidisciplinar e interinstitucional para abordar a crise em questão e para que se construam, de forma coletiva e colaborativa, um amplo diagnóstico e soluções de curto, médio e longo prazo, representando adaptações de nossa sociedade para os desafios que se anunciam nesta década do Oceano e da Restauração dos Ecossistemas.

Inteiro Teor

Após advertências de moradores e da imprensa, a equipe do Programa Ecoando Sustentabilidade, da Universidade Federal de Santa Catarina, esteve na região do Manguezal do Itacorubi (Figura 1), no município de Florianópolis, onde as condições da água foram caracterizadas na busca de um diagnóstico das causas do evento de mortalidade. Foram coletados água e espécimes dos peixes mortos, realizando a caracterização de parâmetros físico-químicos durante e depois do evento utilizando técnicas padrão de caracterização biogeoquímica de ambientes estuarinos.

Para a análise desta problemática é necessário considerar que a poluição marinha avança em todo mundo, provocando perturbações estéticas e funcionais nos ecossistemas costeiros com prejuízo ambiental, social e econômico, com aceleração abrupta a partir da década de 1970. Nestes últimos 50 anos, a presença de contaminantes diversos, combinada com o enriquecimento do escoamento continental por nutrientes emergiu como uma das principais causas de deterioração da qualidade da água, com enormes perdas para os serviços ecossistêmicos, com formação de centenas de zonas mortas (áreas com baixíssimas concentrações de oxigênio dissolvido) ao redor do planeta. Essas condições comprometem a

pesca, aquicultura, aspectos da nossa cultura, a recreação e turismo dessas áreas (Horta et al. 2021).

Em conjunto com outros contaminantes, os patógenos que infectam as águas representam grandes desafios para a saúde pública, para a aquicultura, pesca e para a conservação marinha, exigindo novas soluções para identificar, controlar e mitigar seus efeitos. Vários ecossistemas, com seus complexos metabolismos, como os banhados da restinga, manguezais, marismas, pradarias marinhas e florestas de algas, podem servir como sistemas naturais de filtragem e descontaminação aquática. Embora a ciclagem de nutrientes e outros serviços ecossistêmicos desses habitats tenham sido bem estudados, seu potencial para remover patógenos e mecanismos de filtração permanecem amplamente subestimados e pouco conhecidos.

Estudos recentes evidenciam que manguezais, assim como, bancos de moluscos e de ervas marinhas podem reduzir a pressão de patógenos nos ecossistemas costeiros. Os manguezais podem inibir o crescimento bacteriano por meio de metabólitos secundários e remover vírus por meio da dessalinização em suas raízes. Alguns bivalves removem patógenos excretando-os através de suas pseudofeces e outros concentram patógenos em seus tecidos. As ervas marinhas diminuem as taxas de fluxo, aumentam as taxas de sedimentação e podem reduzir patógenos também por meio da liberação de metabólitos secundários que promovem o controle biológico natural (Klohmann et al. 2022).

Devemos destacar ainda que eventos de mortalidade em massa de diferentes grupos de animais como pássaros, peixes e invertebrados marinhos têm aumentado em frequência e magnitude nas últimas décadas, estando a falta de oxigênio dissolvido (OD) entre as principais causas, frequentemente associada a toxicidade de substâncias diversas, doenças e a combinação de múltiplos estressores (Fey et al. 2015).

Além de fortes aliados para o controle da poluição costeira, as restingas, mangues, marismas e pradarias de gramas e algas marinhas, são fixadores de sedimento e amortecem a força das ondas marinhas. Esses ecossistemas se destacam pela sua importância no controle da erosão costeira e na mitigação de impactos gerados pela mudança climática, como aumento do nível do mar e eventos extremos. O litoral de SC já está sofrendo com esses eventos, os quais estão comprometendo também o sistema de coleta e tratamento dos esgotos, como evidenciado com o desastre com a lagoa de evapo-infiltração na avenida das Rendeiras. Este cenário resulta na necessidade de um planejamento urbano e sua infraestrutura estrutura mais robustos e integrados, adaptados aos novos tempos de extremos planetários.

Contexto geral sobre a região estudada:

A área analisada neste trabalho abriga o Parque Municipal do Manguezal do Itacorubi (Figura 1), criado pelo Decreto Municipal 1529/2002. A população da Bacia hidrográfica é da ordem de 70 mil habitantes, abrangendo os bairros Trindade, Pantanal, Itacorubi, Córrego Grande e Santa Mônica, em uma mancha urbana que cobre cerca de 46% do respectivo território. A região é conhecida pelo processo histórico de impactos antrópicos relacionados à construção de moradias, shopping center e instituições, como a própria Universidade Federal de Santa Catarina, a Universidade Estadual de Santa Catarina e a Eletrosul, acompanhadas de carências socioambientais de saneamento básico e por uma drenagem urbana ineficiente.

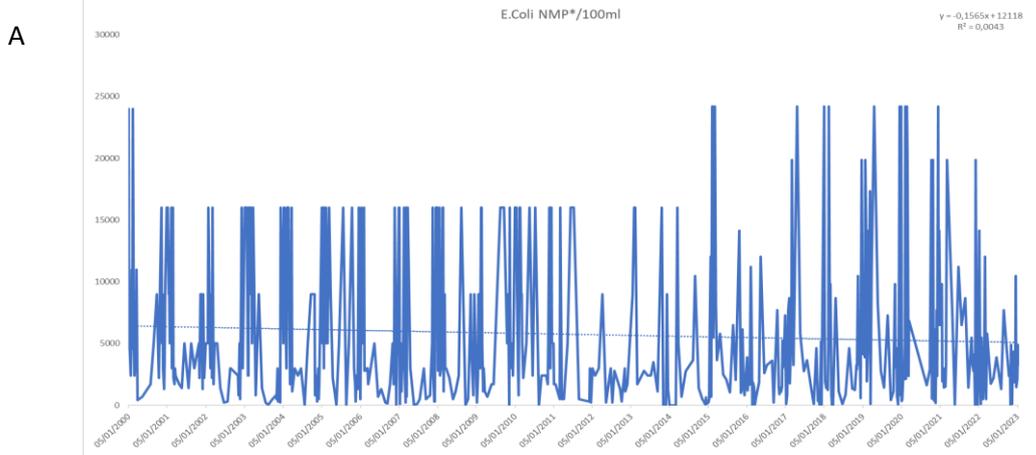
Assim como em outros manguezais da região (Schettini et al. 2000), o estuário do Itacorubi desfrutava, pelo menos até 2006 (Silva 2019), de valores de OD acima de 5 mg/L (concentração indicada como adequada pela legislação brasileira para água salobra da classe 1). Entretanto, dados de 2013 começam a revelar valores ao redor de 2,5 mg/L na superfície, apesar dos valores médios variarem ao redor de 5,28 (+/- 0,65) no inverno e de 4,94 (+/- 0,41) no verão (Rezende et al. 2013). Esta deterioração da saúde do estuário é contínua, sendo que amostragens realizadas em 2016 já revelam o avanço do processo de eutrofização e comprometimento da disponibilidade de oxigênio, quando os valores variaram ao redor 2,5 mg/L, redução semelhante observada também nos estuários de Ratoles e do Rio Tavares durante o referido período (Silva 2019).



Figura 1: Mapa ilustrando o local onde se identificou o evento de mortalidade no manguezal do Itacorubi, ilustrando a distribuição dos animais mortos da espécie de "Sardinha da Boca Torta"

ou “Manjuba” (*Cetengraulis sp.*) em diferentes perspectivas. Destaca-se que boa parte dos animais mortos foram observados no Rio Sertão (onde: escala = 3cm; setas brancas= áreas com clareiras).

Observando o histórico de contaminação das praias catarinenses, ilustrado pela concentração de *Escherichia coli* em três rios da região (Figura 2), observa-se um aumento gradual ao longo do tempo (mais evidente na linha de ajuste ascendente na Figura 2 para o Riozinho do Campeche e a Foz do Rio Capivari) que as carências de saneamento são graves e históricas no território, sendo que em algumas regiões ainda tendem a crescer (fonte: <https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/>). Assim como reconhecido por outros autores, a presença destas bactérias pode ser utilizada como indicadora do processo de fertilização, eutrofização e da presença potencial de outros contaminantes como metais e óleos (Sumampouw e Risjani, 2014). Este processo compromete o funcionamento destes socioecossistemas produzindo mudanças de fase que se expressam na perda de resiliências diante do processo continuado de poluição (Defeo et al., 2021). A perda da balneabilidade observada este ano em Canasvieiras e Balneário Camboriú ilustra esse processo.



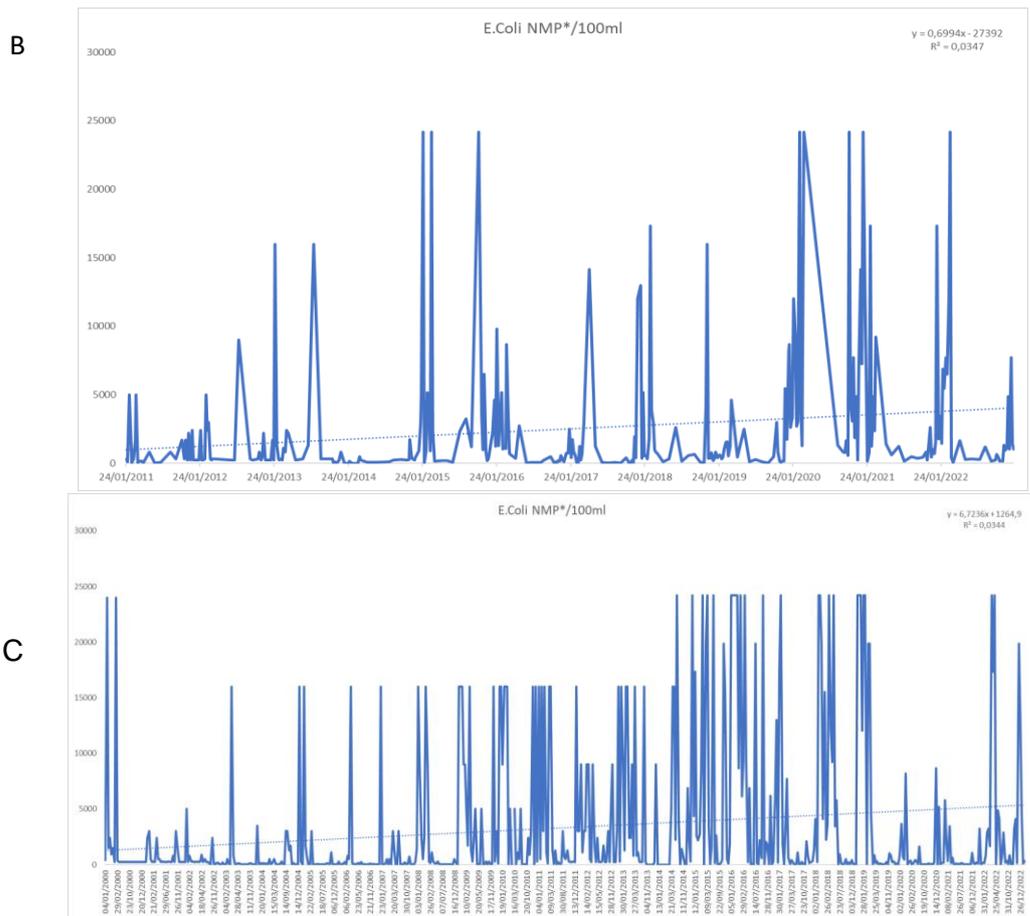


Figura 2: Histórico das concentrações de *Escherichia coli* na região da foz de três rios do município de Florianópolis (onde: A= Foz do Rio Sangradouro; b= Riozinho do Campeche; e C= Foz do Rio Capivari; linhas de tendências acompanhadas das equações e R^2 ; fonte: <https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/>).

As condições durante e depois do evento de mortalidade:

Os pontos de mortalidade 1 e 2 apresentavam grande abundância de peixes mortos derivando com a maré vazante (Figura 1), sendo que todos os espécimes analisados representaram a espécie “Sardinha da Boca Torta” (*Cetengraulis* sp.) (Figura 1) A análise da disponibilidade de OD nas áreas onde se concentravam os animais mortos revelaram valores variando entre 1,17-2,06 mg/L durante o evento e de 2,31-3,01 mg/L cerca de 48 hs após o início dos relatos de mortalidade.

Sete pontos amostrados nos principais contribuintes dos rios Sertão e Itacorubi revelam águas hipóxicas (oxigênio < 2 mg/L). Deve-se destacar os valores mais baixos durante o evento de mortalidade na grande maioria dos pontos avaliados, mas especialmente no Ponto 3 onde estes valores estiveram abaixo de 1 mg/L (Figura 3).

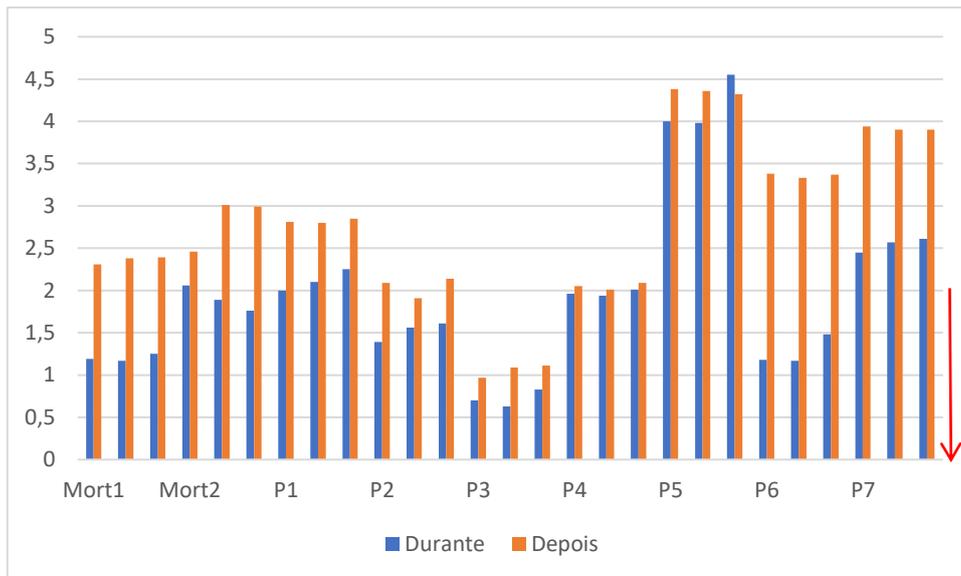


Figura 3: Gráfico ilustrando os valores de oxigênio dissolvido nas áreas onde se observou mortalidade (Mort1 e Mort2) e em seus principais afluentes (P1-P7). Todas as amostragens foram realizadas durante o momento de maré baixa (Onde: Mort= mortalidade; e P1-P7 equivalem aos pontos de 1 a 7 ilustrados na Figura 1). Flecha vermelha indica os valores em hipóxia.

A caracterização da concentração de oxigênio à montante dos estuários dos rios Sertão e Itacorubi reforçam as relações da deficiência de saneamento, evidenciadas pelo lançamento direto ou indireto de efluentes domésticos, combinada com os impactos de remoção da mata ciliar, entre outros desdobramentos da ocupação urbana desordenada. Na região do Poção, Parque Municipal do Maciço da Costeira, região onde nasce o principal contribuinte do Rio Itacorubi, observou-se OD variando entre 6,9-7,94 mg/L. Percorrendo o referido rio, observa-se a redução dos valores: i. na região da entrada do Parque, as concentrações variam entre 5,54-6,39 mg/L, e ii. chegam a níveis críticos que variaram entre 3,94-4,67 mg/L após passar por cerca de 1 Km de mancha urbana. O mesmo padrão se repetiu no Rio do Sertão, com valores de OD na área vegetada variando entre 7,04-8,1 mg/L, observando-se reduções para 4,5-6,17 mg/L e 3,53-4,78 mg/L na medida que se intensifica a urbanização e a contribuição do escoamento dos Bairros Pantanal, Carvoeira, e Serrinha (Figura 4).

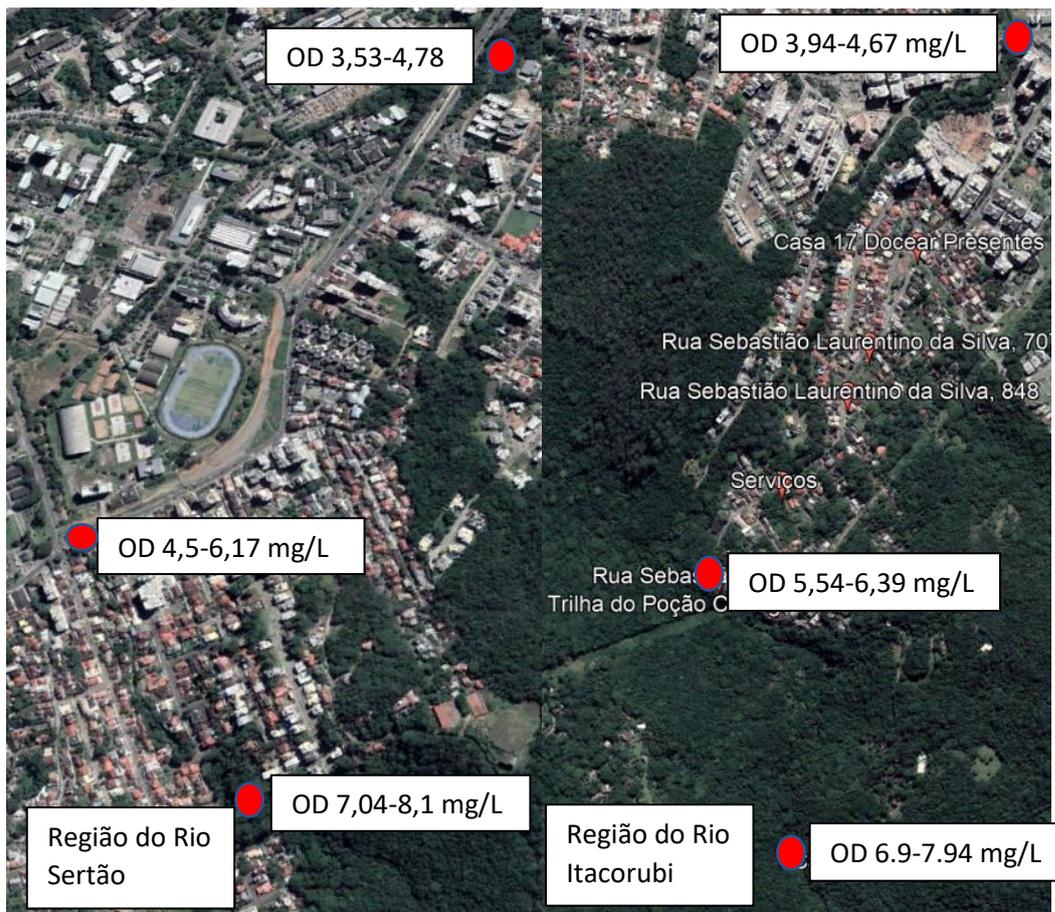


Figura 4: Mapas esquemáticos das Bacias do Rio Sertão e Itacorubi, detalhando os valores em diferentes pontos considerando diferentes graus de influência da urbanização. Valores em destaque de Oxigênio dissolvido (OD) expressos em mg/L.

Destaca-se ainda que as águas apresentaram salinidade entre 9,3 - 10,4 na superfície e entre 27,4 - 27,7 no fundo no local de maior mortalidade dos peixes. *Cetengraulis* é típica de estuários e forrageia em águas rasas, localizadas no estuário superior (Santos et al. 2020). Whitehead et al. (1988) indicaram sua ocorrência em áreas de baixa salinidade e até mesmo em ambientes de água doce. Estas observações reforçam a relevância das baixas concentrações de oxigênio como causa mais provável da mortalidade observada.

Apesar de pontual, a análise de alguns marcadores químicos na área de maior mortalidade (Mortalidade 1) revelou contaminação por *Escherichia coli* com 920 NMP/100 mL, fósforo total com 0,376 mg/L, nitrito com 0,086 mg/L e nitrogênio amoniacal com 2,18 mg/L, e um pH de 7,04, reforçando as evidências de eutrofização e incremento de acidificação da região costeira adjacente. Esses valores são pelo menos o dobro dos valores preconizados pela legislação ambiental brasileira para águas salobras de classe 1 (Resolução CONAMA 357/2005), visando a preservação da saúde ambiental e seus recursos. Além dos impactos diretos para o ambiente estuarino em questão, importante unidade de conservação municipal, o cenário de contaminação e eutrofização observado tem impactos para a pesca e também para a maricultura da região (Salisbury et al. 2008).

Não foram observadas florações de algas nocivas no interior do estuário, mas destaca-se a ocorrência de algas potencialmente nocivas na região costeira adjacente e da ocorrência de uma floração de representante da ordem Gymnodiniales nas Baías da Ilha de SCs, possivelmente do gênero *Gymnodinium* ou *Karlodinium*, que precisa ser investigada em detalhes. Amostras foram encaminhadas para análises pelo IMA.

A análise de outros 9 pontos de coleta revelou que diferentes locais do município de Florianópolis encontram-se contaminados, reforçando a correlação positiva entre a contaminação por *E. coli* e a contaminação por nutrientes dissolvidos (fósforo, Nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal). Dentre os pontos avaliados destacam-se os do Rio Sangradouro, Riozinho do Campeche, Rio Capivari e Rio do Brás como contaminados por coliformes fecais (6300-28000 NMP/100ml) e fertilizados por nutrientes dissolvidos (ex. nitrogênio amoniacal variando de 0,87-3,47 mg/L), processo que está relacionado a eutrofização do ambiente, e consequente comprometimento da saúde do ecossistema, com destaque à oxigenação (Tabela 1). Este processo de comprometimento do funcionamento destes ambientes, de seus produtos e serviços ecossistêmicos, reforça a necessidade de ampla rediscussão do saneamento básico, especialmente no que se refere a discussão do plano diretor do município.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Escherichia coli (NMP/100ml)	7000	200	7.900,00	400	200	6300	28000	180	920	200
Fósforo Total (mg/L)	0,047	0,334	<0,025	0,563	0,229	0,815	0,197	0,039	0,376	0,132
Nitrato (N-NO3) (mg/L)	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	0,66	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Nitrito (N-NO2) (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,086	<0,05
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	1,06	0,1	1,4	0,09	0,07	3,47	0,87	0,1	2,18	0,15
Oxigênio Dissolvido no Campo (mg/l)	3,65	2,8	0,59	6,4	7,37	1	4,8	4,96	1,19	5,21
Saturação de O2 (%)	44,3	40,4	7	86,1	101,7	12,1	60,3	73,5	15,6	27,5
pH	6,78	7,6	7,54	7,91	8,08	6,67	7,25	6,51	7,04	8,14
Salinidade	0,3	28,7	0,2	11,4	30,4	0,5	1,9	29,3	9,4	29,3
Temperatura (°C)	25,1	25,4	24,2	27,2	22,6	24,8	26,2	27,1	26,3	27,5

Tabela 1: Caracterização de diferentes pontos amostrais do ponto de vista microbiológico e físico-químico. Para a análise utilizou-se a metodologia descrita na obra *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, Edição 23. OBS: P7 passava por um processo de floração de algas (Euglenoficeas) (onde: P1- Foz do Rio Sangradouro; P2- Ribeirão da Ilha; P3- Foz do Riozinho (Campeche); P4- Final da Osni Ortiga (Lagoa); P5- Barra da Lagoa; P6- Foz do Rio Capivari; P7- Foz do Rio do Brás; P8- Praia de Santa Antônio de Lisboa; P9- Foz Rio Itacorubi (Síntese Mortalidade 1); P10- Ponto central da Beira Mar Norte). Análises realizadas em parceria com a QMC Laboratório de Análise.

Conclusões

O histórico da região, os dados observados, em conjunto com as evidências de campo que revelaram sedimento anóxico com comunidades bacterianas anaeróbicas exalando forte odor de gases derivados de enxofre, reforçam a hipótese de que uma crise distrófica causou a mortalidade observada de *Cetengraulis* sp. Esta crise produziu baixas concentrações de oxigênio dissolvido na superfície da água do estuário, níveis insuficientes para a manutenção de boa parte das espécies mais complexas e sensíveis que utilizam as zonas costeiras (Laffoley e Baxter 2019).

Esta crise pode ter sido agravada pelas baixas salinidades e elevada turbidez derivadas da enxurrada de água pluvial, por conta das deficientes drenagens urbana, da remobilização de matéria orgânica e sedimentos previamente depositados na malha hídrica, pluvial e, eventualmente sanitária, e por desmatamento recente na referida bacia hidrográfica. As temperaturas elevadas da água do estuário durante o período de amostragem representam fator adicional que pode ter intensificado o evento de hipoxia (falta de oxigênio dissolvido), pois este processo de aquecimento reduz a solubilidade de gases e eleva o metabolismo bacteriano, elevando o consumo de oxigênio dissolvido. O cenário observado reforça a relevância dos eventos de hipoxia como responsáveis pelo agravamento da crise ambiental e climática em todo o planeta (Sampaio et al. 2021).

Destacamos que a perpetuação decadal das condições insalubres do ponto de vista sanitário e urbanístico deteriorou a capacidade suporte do estuário em questão, resultando em mortalidade das plantas que estruturam o bosque de mangue gerando grandes clareiras a partir de 2018 (Figura 5), com todas as consequências sobre o agravamento da eutrofização e para o comprometimento da saúde do ambiente como um todo. É urgente um diagnóstico mais amplo uma vez que podemos estar diante da aproximação de pontos de inflexão de nossos ecossistemas costeiros que podem estar revelando os limites de sua capacidade de suporte. É fundamental destacarmos que o planejamento urbano precisa considerar os piores cenários que nos levarão ao colapso do sistema como um todo, com os consequentes prejuízos dramáticos do ponto de vista socioambiental e econômico (Serrão-Neumann et al. 2016).

A acidificação dos contribuintes de nossos estuários agrava o já preocupante processo de acidificação oceânica, com todos os seus desdobramentos negativos para a aquicultura e a pesca (Salisbury et al. 2008).

É fundamental proteger e restaurar os ecossistemas costeiros, como manguezais, marismas, e pradarias de gramas marinhas e de macroalgas, uma vez que estes são fundamentais para manter a capacidade de filtração de patógenos, beneficiando os esforços de conservação de populações mais vulneráveis e de espécies ameaçadas, mitigando as condições de carência de balneabilidade e de grandes surtos ou epidemias diversas.

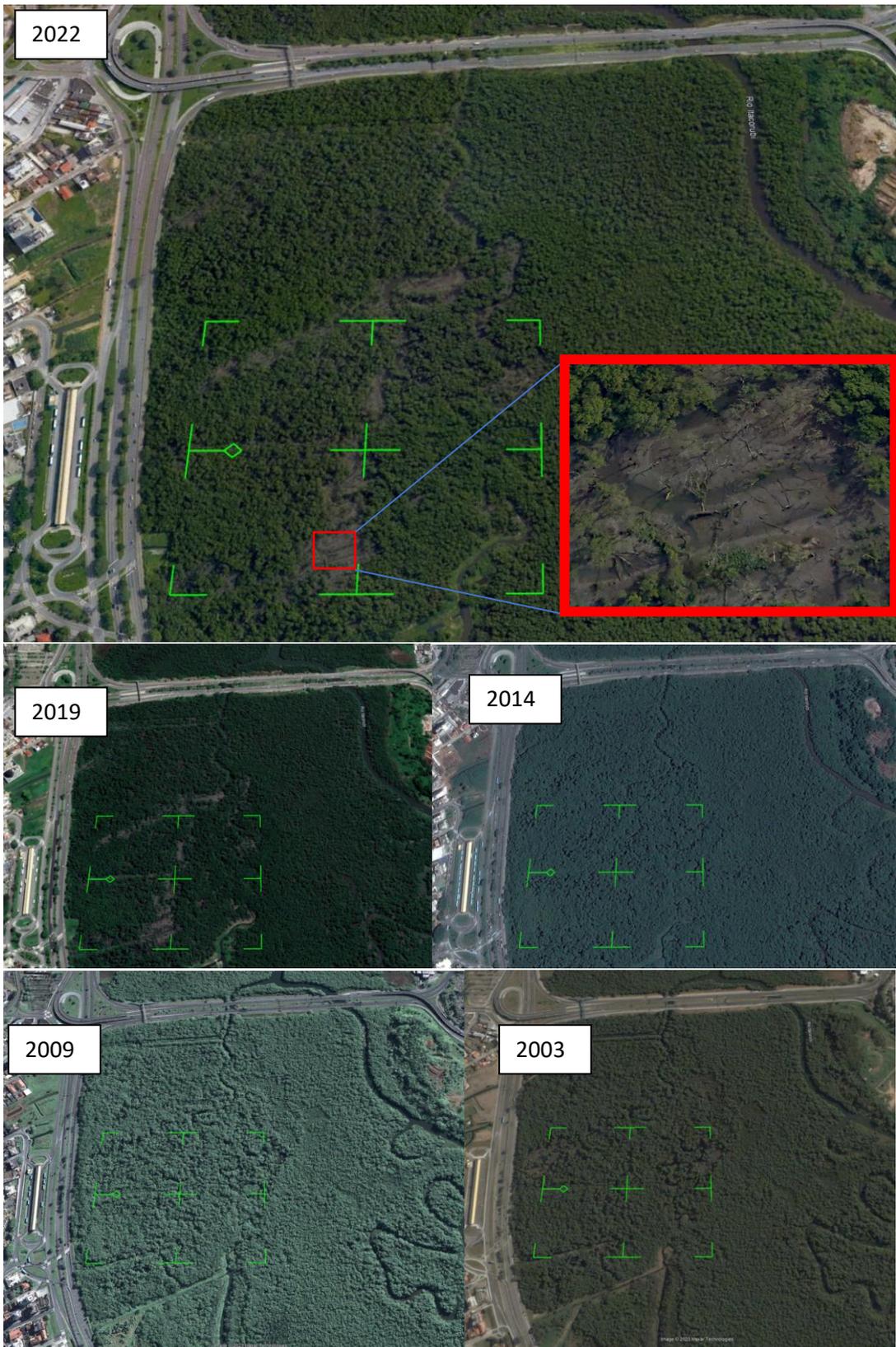


Figura 5: imagens de satélite da área amostral destacando-se formação de grandes clareiras a partir de 2018 com inúmeras árvores mortas (fonte: google Earth 2023).

Ambientes costeiros como aqueles representados por manguezais, marismas, bancos de pradarias marinhas, e de macroalgas são fundamentais para a manutenção da capacidade suporte dos respectivos territórios, sendo importantes, inclusive, para o controle natural da microbiologia da água, contribuindo para a complementação do saneamento básico auxiliando a eliminar microrganismos, como vírus, bactérias, dentre os quais alguns causadores de doenças.

É fundamental que este evento seja inspirador de nossas práticas como sociedade e inspire relações mais saudáveis com os ecossistemas costeiros. Neste sentido, sensibilizar a sociedade em relação às tendências e sutilezas do estado de saúde de nossos ecossistemas é fundamental para a valorização sociopolítica do monitoramento ambiental e do saneamento do nosso território. Para isso precisamos avançar, por exemplo, no monitoramento da balneabilidade das nossas praias, enriquecendo-o com descritores mais robustos (NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021) e diversos, previstos na legislação (Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000).

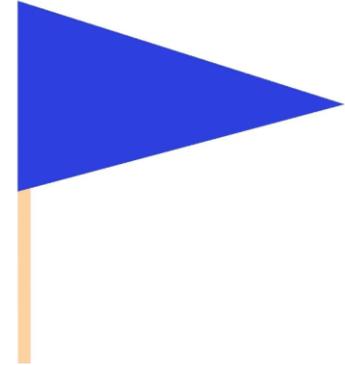
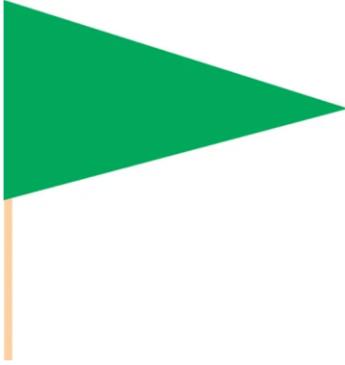
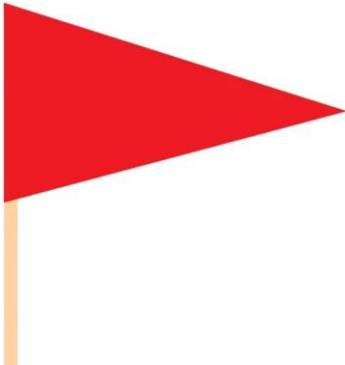
Considerando o princípio da precaução, devemos priorizar a amostragem nos locais e momentos onde e quando os riscos sanitários e o comprometimento ambiental é maior, destacadamente nos locais de concentração de banhistas ou de elevada relevância socioambiental, durante a maré baixa e logo após chuvas (Kraay et al. 2020). Neste caso, o monitoramento adicional da areia pode representar fonte importante e robusta de informação, especialmente quando tratamos de usos dos balneários por crianças e idosos (Vieira et al. 2001). Considerando a presente malha amostral, devemos reforçar a importância e urgência de inclusão de ambientes socioambientalmente estratégicos, como as áreas de lazer em unidades de conservação (municipais, estaduais e federais) e áreas utilizadas pelas comunidades tradicionais (ex. colônias de pescadores com aquelas da beira mar sul em Florianópolis, e quilombolas) que acabam vulneráveis e expostas aos riscos ambientais derivados das eventuais carências ou deficiências do saneamento.

Para construirmos um sistema mais informativo e educativo, sugerimos que os procedimentos no estado sigam a integralidade da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, conforme apontado na NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021 e sumarizado a seguir:

- Que a norma estadual passe a utilizar os sete indicadores para águas impróprias, não apenas dois como é atualmente;
- Nos balneários marinhos, passe a incluir a análise de Enterococos, que é mais indicada para águas salobras e salinas;
- Ao menos na temporada, em cada ponto de monitoramento passe a realizar mais de uma amostra no mesmo local e dia e em mais de um dia da semana;
- Aumento estratégico do número de balneários monitorados (p.ex., áreas de lazer em unidades de conservação e áreas utilizadas pelas comunidades tradicionais).

A fim de que a Resolução CONAMA nº274 possa ser valorizada e utilizada na íntegra, segue recomendação aproveitando os detalhes do que determina a legislação:

Condição do local monitorado	Qualificação	Bandeira indicativa
------------------------------	--------------	---------------------

<p>quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 Escherichia coli ou 25 enterococos por 100 mililitros (NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021s);</p>	<p>Excelente</p>	
<p>quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 Escherichia coli ou 50 enterococos por 100 mililitros (NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021);</p>	<p>Muito Boa</p>	
<p>quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 Escherichia coli ou 100 enterococos por 100 mililitros (NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021).</p>	<p>Satisfatória</p>	
<p>a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias; b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 Escherichia coli ou 400 enterococos por 100 mililitros (NOTA TÉCNICA Nº05/PES/2021); c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ; d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação; e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas</p>	<p>Imprópria</p>	

doces), à exceção das condições naturais; f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana; g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.		
--	--	--

Tabela 2: Proposta de nova qualificação de balneabilidade para as praias Catarinenses, envolvendo maior detalhamento qualitativo e inclusão de descritores mais robustos e diversos, como proposto pela legislação (Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000)

A eventual utilização desta nova qualificação da balneabilidade para as praias catarinenses (Tabela 2) vai permitir um entendimento mais detalhado da gravidade da situação e de suas variações sazonais em função da flutuação da população, lançamentos clandestinos ou por força de chuvas mais ou menos intensas. Considerando o contexto atual de aceleração e intensificação das mudanças climáticas, poderemos ter, de forma mais célere, a real dimensão da adequação da nossa infraestrutura e das técnicas aplicadas. Utilizando o histórico disponível para o Rio Sangradouro como um exemplo, verifica-se que cerca de 6,2% dos valores observados são equivalentes a águas excelentes, 4% muito boas, 7% satisfatórias e 82% impróprias. A caracterização da distribuição temporal destes valores associada ao diagnóstico da evolução da ocupação urbana vai permitir maior reconhecimento de eventuais flutuações na contaminação do sistema, revelando ou não a necessidade de intervenção, como campanhas de conscientização, fiscalização e ou biorremediação.

Deve-se destacar que a continuada degradação dos ecossistemas costeiros causada pelos impactos crônicos das carências de saneamento ou por impactos agudos relacionados a grandes obras, como os representados pelos engordamentos de praia, resultou em perdas severas de florestas submersas, que em algumas regiões chegaram a apenas 10% da cobertura original (Gorman et al. 2020). Este processo de deterioração da saúde dos ambientes costeiros deve resultar em alterações biogeoquímicas, com redução de transparência da água, da predação, do pH e da disponibilidade de oxigênio, além do comprometimento do ambiente biológico e alelopático, que favorecem a sobrevivência de organismos patogênicos, inclusive de grupos relacionados a epidemia de diarreia vivenciada em Santa Catarina (Dean e Mitchell 2022; Plaza-Garrido et al. 2023). A frequência de amostras positivadas para o Norovírus humano (HNoV) vem aumentando nos últimos anos. Esta apresentou forte correlação linear e positiva com o tempo, revelando ausência ou baixa frequência em 2018 (6.55% das amostras), e frequências de 36% nas amostras em 2021 (Mortari 2022), reforçando as crescentes carências de saneamento combinadas com a redução da capacidade suporte dos nossos ecossistemas (Figura 6). Portanto, é plausível supor que mantida a política atual de gestão costeira a crise ambiental, sanitária e climática, com seus diferentes impactos econômicos, tende a se agravar.

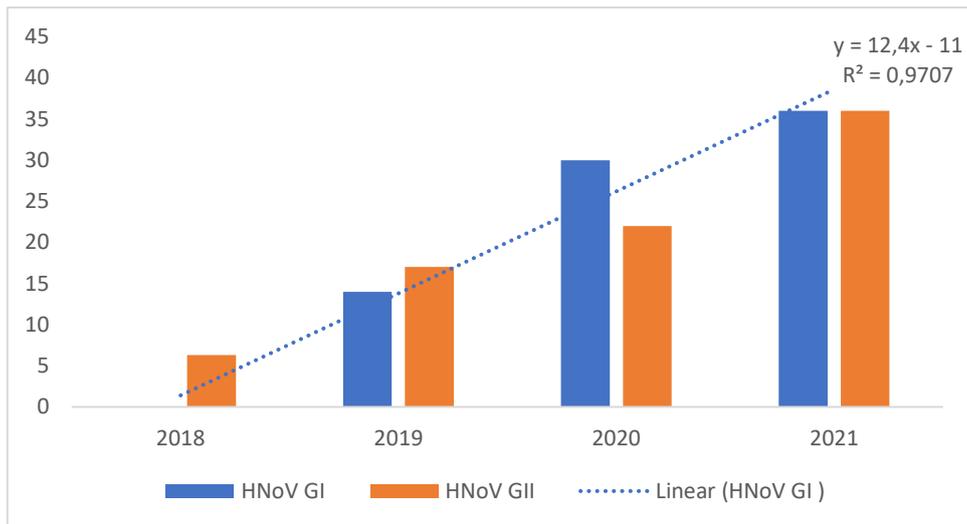


Figura 6: Evolução temporal do percentual de amostras positivadas para Norovirus humano (HNoV) dos genótipos I e II (GI e GII, respectivamente) (fonte: Mortari 2022)

Ações multidisciplinares e interinstitucionais devem buscar soluções para remediar ou mitigar os danos socioambientais e econômicos provocados pela crise ambiental e sanitária vivenciadas em Santa Catarina. Soluções baseadas na natureza que removam patógenos, poluentes e produzam OD, que é fundamental para ambientes costeiros saudáveis, devem ser discutidas e eventualmente emergencialmente implementadas. Dentre estas soluções, nosso grupo reforça aquelas baseadas nas algas que podem se adequar às diferentes realidades do território catarinense e contribuir com a mitigação do estado atual de contaminação e elevada eutrofização dos nossos rios e região costeira adjacente. É importante destacarmos que a vegetação que hoje ocupa rios e os canais da região do norte da ilha, por exemplo, funciona como filtro biológico mitigando o impacto da poluição urbana nas áreas adjacentes (Dhote e Dixit 2009; Mishra e Maiti 2017). Deve-se advertir que as ações anunciadas de transposição e/ou remoção de macrófitas, desassoreamento ou desobstrução de canais na região do norte da ilha, por exemplo, podem favorecer a contaminação de novas áreas relacionadas ao Rio Papaquara e Ratoles, considerando o passivo de matéria orgânica, patógenos entre outros contaminantes, que podem estar presentes no sistema de raízes e/ou sedimento. Sua eventual disponibilização tem potencial de comprometimento ambiental e da efetividade de Unidade de Conservação Federal (ESEC Carijós e APA do Anhatomirim), assim como das atividades de maricultura e pesca realizadas na baía mar norte adjacente. Estes impactos precisam ser dimensionados e dialogados com a sociedade e respectivas instituições responsáveis pela gestão destes territórios, assim como o planejamento de eventuais ações de contingências e mitigação.

Por último, mas não menos importante, é fundamental a implementação de programas de monitoramento ambiental seguidos por eventuais intervenções, havendo a identificação de demandas ou necessidades. Para isso é fundamental a valorização e instrumentalização dos órgãos de meio ambiente municipais e estaduais. Programas como o sugerido ao governo federal, e preliminarmente denominado Sistema Único de Saúde Ambiental, podem representar importante instrumento desta articulação regional ou nacional viabilizando soluções resilientes. Articulação de instituições federais, estaduais e municipais, articuladas a partir do SISNAMA, poderá promover a esse sistema agilidade e efetividade, para viabilizar saúde única, saúde merecida para todas as formas de vida. Ações emergenciais se fazem necessárias conforme

solicitado em carta encaminhada à Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, em 11 de janeiro de 2023 (processo 02000.000553/2023-92- <https://noticias.ufsc.br/tags/saneamento/>) e nosso grupo está disponível para contribuir com estes esforços. É importante que estas ações sejam compreendidas de forma transversal envolvendo atores diversos além dos diretamente relacionados ao MMA. Precisamos fomentar uma construção multidisciplinar envolvendo diferentes setores da sociedade e destacadamente aqueles relacionados aos Ministério da Saúde (especialmente a vigilância em saúde e ambiente), Pesca e Aquicultura, Cidades e Educação. Se acumulam as evidências de que as carências de saneamento favorecem a contaminação crônica de ambientes costeiros, destacando nesse cenário poluentes emergentes fármacos, como os antibióticos (Kvesić et al. 2022). Este processo de contaminação pode favorecer o surgimento de gerações de microrganismos patogênicos resistentes às principais terapias disponíveis (Gothwal e Shashidhar 2015). Portanto, avançar no saneamento básico universal e de qualidade é urgente e mandatório para garantirmos ambientes e sociedades saudáveis hoje e no futuro.

Referências:

- Dean, K., & Mitchell, J. (2022). Identifying water quality and environmental factors that influence indicator and pathogen decay in natural surface waters. *Water Research*, 211, 118051.
- Dhote, S., & Dixit, S. (2009). Water quality improvement through macrophytes—a review. *Environmental monitoring and assessment*, 152, 149-153.
- Fey, S. B., Siepielski, A. M., Nusslé, S., Cervantes-Yoshida, K., Hwan, J. L., Huber, E. R., ... & Carlson, S. M. (2015). Recent shifts in the occurrence, cause, and magnitude of animal mass mortality events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(4), 1083-1088.
- Gorman, D., Horta, P., Flores, A. A., Turra, A., Berchez, F. A. D. S., Batista, M. B., ... & Széchy, M. T. M. (2020). Decadal losses of canopy-forming algae along the warm temperate coastline of Brazil. *Global change biology*, 26(3), 1446-1457.
- Gothwal, R., & Shashidhar, T. (2015). Antibiotic pollution in the environment: a review. *Clean—Soil, Air, Water*, 43(4), 479-489.
- Horta, P. A., Rörig, L. R., Costa, G. B., Baruffi, J. B., Bastos, E., Rocha, L. S., ... & Fonseca, A. L. (2021). Marine Eutrophication: Overview from Now to the Future. *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems*, 157-180.
- Laffoley, D., & Baxter, J. M. (2019). *Ocean deoxygenation: Everyone's problem- Causes, impacts, consequences and solutions*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Klohmann, C. A., & Padilla-Gamiño, J. L. (2022). Pathogen Filtration: An Untapped Ecosystem Service. *Frontiers in Marine Science*, 1226.
- Kraay, A. N., Man, O., Levy, M. C., Levy, K., Ionides, E., & Eisenberg, J. N. (2020). Understanding the impact of rainfall on diarrhea: testing the concentration-dilution hypothesis using a systematic review and meta-analysis. *Environmental health perspectives*, 128(12), 126001.
- Kvesić, M., Kalinić, H., Dželalija, M., Šamanić, I., Andričević, R., & Maravić, A. (2022). Microbiome and antibiotic resistance profiling in submarine effluent-receiving coastal waters in Croatia. *Environmental Pollution*, 292, 118282.
- Mishra, S., & Maiti, A. (2017). The efficiency of *Eichhornia crassipes* in the removal of organic and inorganic pollutants from wastewater: a review. *Environmental science and pollution research*, 24, 7921-7937.

- Mortari, A. M. (2022). Estudo da correlação de indicadores básicos de saúde com a ocorrência de Norovírus e Rotavírus em águas superficiais, de consumo humano e/ou área de malacocultura em Santa Catarina, Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de Mestrado). 55p.
- Plaza-Garrido, A., Ampuero, M., Gaggero, A., & Villamar-Ayala, C. A. (2023). Norovirus, Hepatitis A and SARS-CoV-2 surveillance within Chilean rural wastewater treatment plants based on different biological treatment typologies. *Science of The Total Environment*, 863, 160685.
- Rezende, R. D. S., Pinto, M. D. O., Gonçalves Jr, J. F., & Petrucio, M. M. (2013). The effects of abiotic variables on detritus decomposition in Brazilian subtropical mangroves. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25, 158-168.
- Salisbury, J., Green, M., Hunt, C., & Campbell, J. (2008). Coastal acidification by rivers: a threat to shellfish?. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 89(50), 513-513.
- Sampaio, E., Santos, C., Rosa, I. C., Ferreira, V., Pörtner, H. O., Duarte, C. M., ... & Rosa, R. (2021). Impacts of hypoxic events surpass those of future ocean warming and acidification. *Nature Ecology & Evolution*, 5(3), 311-321.
- Santos, S. R., Galvao, K. P., Adler, G. H., Andrade-Tubino, M. F., & Vianna, M. (2020). Spatiotemporal distribution and population biology aspects of *Cetengraulis edentulus* (Actinopterygii: Clupeiformes: Engraulidae) in a South-Western Atlantic estuary, with notes on the local Clupeiformes community: conservation implications. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 50(2), 139-150.
- Serrao-Neumann, S., Davidson, J. L., Baldwin, C. L., Dedekorkut-Howes, A., Ellison, J. C., Holbrook, N. J., ... & Morgan, E. A. (2016). Marine governance to avoid tipping points: Can we adapt the adaptability envelope?. *Marine Policy*, 65, 56-67.
- Schettini, C., Fo, J. P., & Spillere, L. (2000). Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos Rios Tavares e Defuntos, Reserva Extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 4(1), 11-28.
- Silva, A. R. D. (2019). Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas Bacias Hidrográficas Costeiras dos Rios Ratonés, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil).
- Sumampouw, O. J., & Risjani, Y. (2014). Bacteria as indicators of environmental pollution. *International Journal of Ecosystem*, 4(6): 251-258.
- Whitehead P.J.P., Nelson G.J., Wongratana T. 1988. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies, and wolf herrings. Part 2. Engraulidae. *FAO Fisheries Synopsis* 7 (125): 305-579
- Vieira, R. H. S. D. F., Rodrigues, D. D. P., Menezes, E. A., Evangelista, N. S. D. S., dos Reis, E. M., Barreto, L. M., & Gonçalves, F. A. (2001). Microbial contamination of sand from major beaches in Fortaleza, Ceará State, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32, 77-80.