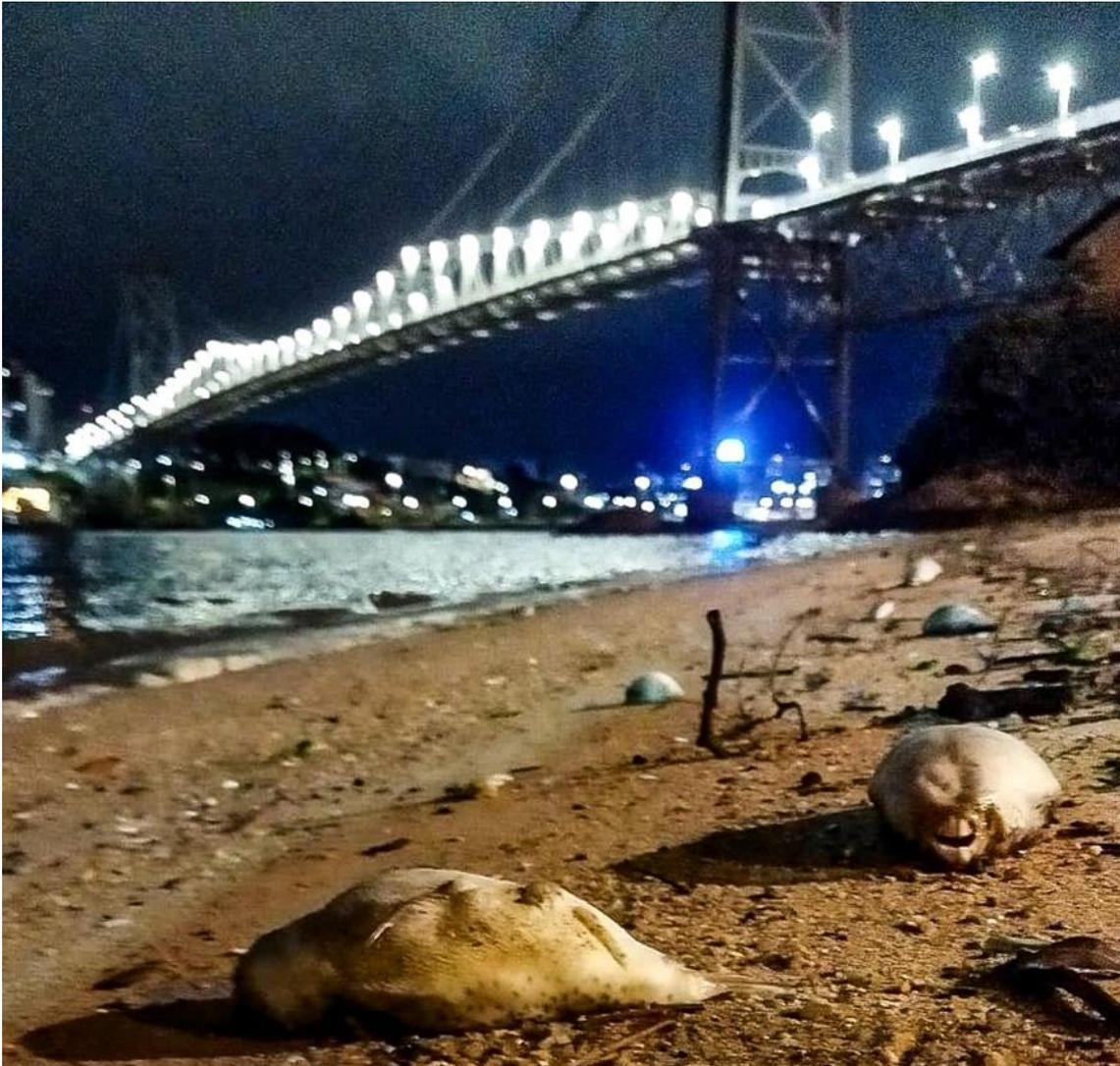




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Nota técnica PES 01/2024



Morte dos peixes preocupa moradores (Foto capturada pelo Professor Paulo Horta, no dia 06/03/2024, na região da ponte Hercílio Luz).

Florianópolis, 10 de março de 2024



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

A presente nota técnica foi motivada por demandas da sociedade, que buscou esclarecimento sobre a mortalidade de peixes observada nas baías de Florianópolis e São José, durante a primeira semana de março de 2024.

FLORAÇÃO DE ALGAS NOCIVAS (FANs)

Análise da água e caracterização da comunidade fitoplanctônica sugerem que o evento está relacionado à intensificação da eutrofização e, conseqüente, floração de algas nocivas (FANs) de um grupo de dinoflagelados (algas unicelulares) (para mais detalhes ver Horta et al. 2021), que geram toxina aos organismos marinhos.

O que significa o termo floração?

Esse termo, no contexto da ecologia de ambientes aquáticos se refere a um crescimento ou proliferação excessiva de algas, que muitas vezes resultam em alterações na coloração da água. Nesses casos aparecem manchas de cores diversas, como vermelha, marrom ou azul-esverdeada, dependendo do grupo de algas responsável pelo fenômeno. É importante lembrarmos que entre as mais de 10 mil espécies de algas, cerca de 200 podem produzir proliferações nocivas que podem prejudicar a saúde humana através da produção de toxinas.

O que causa as florações?

Esses fenômenos estão relacionados ao aumento da disponibilidade de poluentes, que funcionam como estimuladores do desenvolvimento dessas algas. Eventos de florações de grande magnitude podem ser conseqüência do excesso de nutrientes derivados de saneamento básico precário, relacionado a períodos de calmaria após chuvas ou ventos fortes, juntamente com temperaturas ótimas para esses organismos.

Existe consenso científico publicado no relatório do IPCC que as FANs representam ameaça à saúde pública, recreação, turismo, pesca, aquicultura e aos ecossistemas e aumentaram em frequência e intensidade nas últimas décadas (IPCC 2019, Hallegraeff 2021).

Veja abaixo tradução literal do sumário executivo dedicado para tomadores de decisão, publicado pelas Nações Unidas (IPCC 2019):

- A proliferação de algas nocivas apresenta expansão de alcance e aumento de frequência nas áreas costeiras desde a década de 1980, em resposta a fatores climáticos e não climáticos, tais como o aumento do escoamento de nutrientes.



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

- As tendências observadas na proliferação de algas nocivas são atribuídas em parte aos efeitos do aquecimento dos oceanos, ondas de calor marinhas, perda de oxigênio, eutrofização e poluição.
- A proliferação de algas nocivas tem tido impactos negativos na segurança alimentar, no turismo, na economia local e na saúde humana.
- As comunidades humanas mais vulneráveis a estes perigos biológicos são aquelas que vivem em áreas sem programas de monitoramento permanentes e sistemas de alerta precoce dedicados à proliferação de algas nocivas.

CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO

Foram identificadas diversas espécies desse grupo, entre elas, representantes do gênero anteriormente conhecido como *Gymnodinium*, e que atualmente estão enquadrados no gênero *Karenia*. Espécies desse gênero produzem toxinas poderosas que podem matar mamíferos, peixes e invertebrados marinhos. Elas se acumulam ao longo da teia trófica e podem comprometer a saúde humana, causando desde problemas gastrointestinais leves até disfunções neurológicas graves (Bricelj et al. 2012; Pierce et al. 2008).

Dentre as toxinas se destacam as brevetoxinas, que por muitas vezes foram consideradas agentes responsáveis pela morte de peixes, invertebrados e por muitas intoxicações de aves marinhas, golfinhos, peixes-boi e tartarugas marinhas. A mortalidade de peixes-boi foi associada a presença dessas florações na Flórida nos anos 60, 80 e 90. Estes eventos de mortalidade coincidiram com a presença de florações do dinoflagelado *K. brevis* (anteriormente *Gymnodinium breve*).

Diferentes trabalhos indicam que animais afetados por essas toxinas mostraram desorientação, incapacidade de submergir ou de manter a posição horizontal, apatia, flexão das costas, alargamento dos lábios e respiração difícil (Guillotín et al. 2021), assim como observado em vídeos que nos foram enviados. Na literatura, as únicas lesões histológicas observadas foram cerebrais. A análise do conteúdo estomacal mostrou grande quantidade de ervas marinhas e tunicados filtradores. Elevadas concentrações de toxinas foram encontradas em tunicados – reforçando a teoria de sua transferência trófica. Análises histopatológicas mostraram congestão dos tecidos nasofaríngeos, brônquios, pulmões, rins e cérebro; hemorragia dos pulmões, fígado, rim e cérebro também foram observadas. A presença de toxinas em peixes como baiacus (que representaram boa parte dos animais mortos na região), cavalas, *Sardinella* sp., *Mugil* e *Sillago*, reforça a necessidade de atenção sanitária em relação ao consumo de peixe na região até que se afaste a probabilidade da presença da toxina em diferentes níveis tróficos, considerando o pescado de diferentes procedências considerando o território afetado pela floração.



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

Além da presença das populações abundantes do dinoflagelado que atingiram de 13 milhões a 24 milhões de células por litro, observou-se nas diferentes regiões amostradas baixas concentrações de oxigênio nas águas de fundo (1-2 m de profundidade). Os valores de oxigênio dissolvido variaram de 1,0 mg/L a 2,9 mg/L nas águas de fundo nas primeiras horas da manhã dos dias 5 e 6 de março deste ano. Nas águas de superfície esses valores variaram de 6,4 mg/L a 8,9 mg/L.

As baixas concentrações de oxigênio observadas estão relacionadas à elevada demanda por oxigênio, devido a alta concentração de matéria orgânica proveniente da FAN e das águas contaminadas que chegam à baía. A intensificação da demanda por oxigênio ocorreu também pela aceleração do metabolismo dos organismos bentônicos e microbiota, devido ao aquecimento das águas durante um evento de onda de calor marinhas que acontecia.

Este cenário tem sido observado em diferentes regiões do planeta onde os impactos das mudanças climáticas interagem com a poluição costeira. Os eventos de florações tóxicas com dinoflagelados produtores de brevetoxinas eram restritos até poucos anos às áreas da Flórida e Golfo do México. Suas causas estiveram atreladas ao incremento gradual de poluição orgânica e temperatura. A ocorrência desses eventos na região de Florianópolis é um processo que pode se estabelecer e crescer, caso se consolidem a invasão de espécies, poluição, a perda de serviços ecossistêmicos, acompanhados estes estressores do incremento anômalo da temperatura e do aumento da frequência e intensidade de eventos extremos.

Mortandade de Peixes

O evento protagonizado por *Karenia* spp. vitimou, de forma mais intensa, as populações de baiacus-pintados (*Sphoeroides testudineus*) da região, mas causando também a morte de diferentes espécies, destacando cavalos marinhos (*Hippocampus* sp.), linguados (*Paralichthys brasiliensis*), e filhotes de cherne (*Hyporthodus niveatus*), de corvina (*Micropogonias furnieri*), de enxada (*Chaetodipterus faber*) e de peixe cabeludo (*Labrisomus* spp.) (Fig. 1).

O evento se estendeu por mais de 2 km, cobrindo as pequenas praias da região, com cerca de 0,9 a 1.254 kg de peixes mortos.m² (kg de peixe morto por metro quadrado). Fazendo uma extrapolação (linear) para a área como um todo e considerando os quantitativos observados nas três praias visitadas, pode-se estimar uma mortalidade total variando de 1.800 a 2.448 kg de peixe, ou de 1.600 a 70.000 animais mortos. É importante destacar que muitas das espécies mortas eram jovens de populações com fundamentais funções ecológicas e de inestimável valor socioeconômico.



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



Figura 1: Aspecto geral de alguns representantes dos peixes encontrados mortos na região metropolitana de Florianópolis (a: aspecto geral do evento de mortalidade na Praia da Ponta de Baixo, em São José, b: enxada jovem, c: cherne jovem, d: corvina jovem e e: *Bathygobius soporator* (táxons identificados pelo Prof. Dr. Sergio Floeter, da Universidade Federal de Santa Catarina).

A dimensão do evento demanda atenção sobre a questão da eventual produção de aerossol e suas consequências para a saúde humana. Evento recente no nordeste do Brasil demonstra que esse cenário de FAN pode levar à internação de dezenas a centenas de pessoas, representando importante ameaça sanitária (Notícia G1 nas referências). Os mecanismos pelos quais as toxinas de FANs são incorporadas nos aerossóis dependem das espécies e das condições ambientais. Brevetoxinas, que são toxinas hidrofóbicas produzidas por *K. brevis*,



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

são liberadas principalmente na coluna de água através do rompimento das células dos dinoflagelado e também por causa de forças físicas, especialmente no final das florações, podendo resultar em risco de intoxicação da comunidade do entorno (Lim et al. 2023). Destacam-se ainda os impactos ambientais e riscos sanitários da grande biomassa de peixes mortos acumulada sobre a areia das praias a poucos metros de moradias (Kikpartrick et al. 2004)

POLUIÇÃO E EVENTO CLIMÁTICO

Globalmente, o oceano sofreu perda constante de oxigênio devido à diminuição de sua solubilidade relacionada ao aumento da temperatura. Adicionalmente o aumento da demanda respiratória e o aumento da estratificação da coluna de água potencializam os efeitos negativos da eutrofização costeira, processo também conhecido como desoxigenação (perda de oxigênio) dos oceanos. Portanto, a interação de todos estes processos está tornando os eventos de falta de oxigênio mais frequentes e severos em todo mundo, resultando no aumento dos eventos de mortalidade de fauna e flora (Pezner et al. 2023).

É fundamental o monitoramento e o estado de atenção, uma vez que a previsão de onda de calor marinha apresentado pela NOAA alerta para a continuidade de um evento que pode ter consequências biológicas adversas para nossa região (Figura 2). As instituições de estado devem estar atentas e manterem o monitoramento do litoral enquanto durar o estado de alerta (<https://coralreefwatch.noaa.gov/>), uma vez que além de corais (como do gênero *Madracis* que ocorre na Rebio do Arvoredo – Capel et al. 2012), as ondas de calor impactam algas (Gouvea et al. 2017), invertebrados (Bell et al. 2023), peixes (e pesca - Smith et al. 2021), mamíferos (Santora et al. 2020) além da saúde humana (Oliver et al. 2018).

Ondas de calor como as vivenciadas e as previstas podem comprometer os estoques de carbono marinho. Perda de bancos de gramas marinha e de algas chegaram a 36% durante ondas de calor, aumentando emissões de gases de efeito estufa de 4-21% por ano (Arias-Ortiz et al 2018), alimentando as mudanças climáticas, o que por sua vez contribui para o aumento da frequência e intensidade de eventos que pode resultar em novos eventos de mortalidade. Nos cabe adotar postura de prevenção e precaução em relação ao gerenciamento costeiro, mitigando efeitos, viabilizando adaptações, e a construção de ambientes resistente e resiliente a estes estressores locais e globais.



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

NOAA Coral Reef Watch Daily 5km Bleaching Alert Area 7-day Maximum (v3.1) 8 Mar 2024

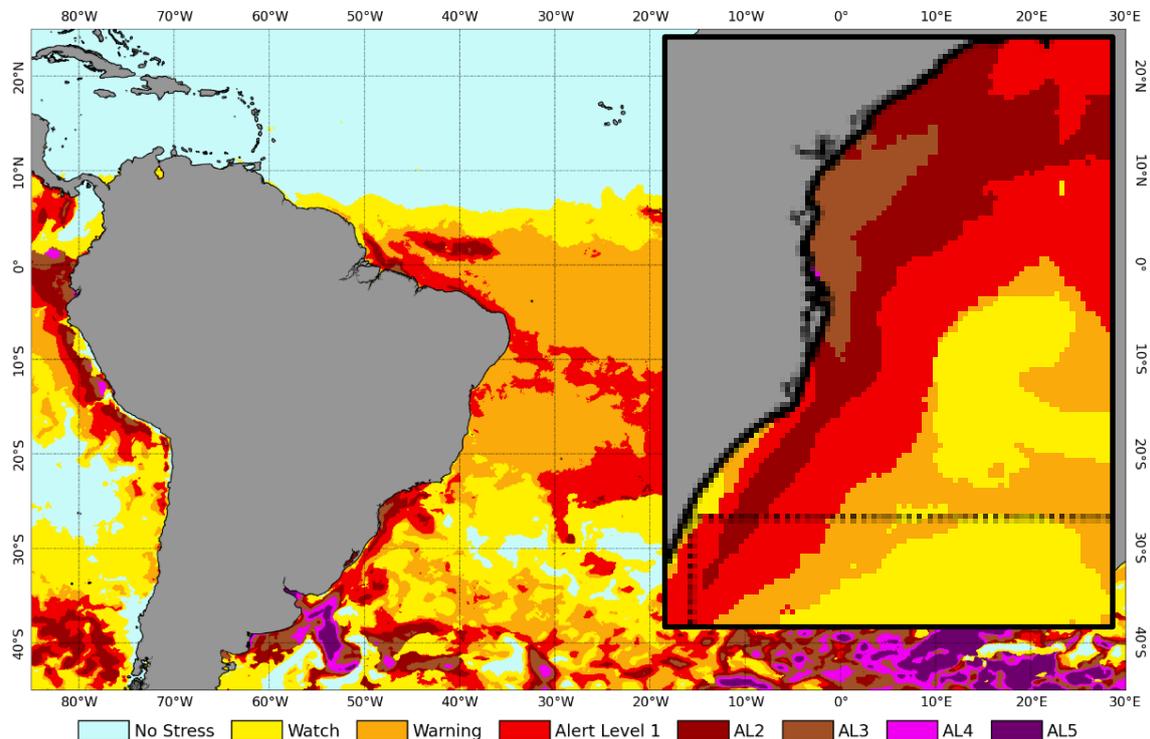


Figura 2: mapa de alerta de onda de calor marinha emitido pela agencia americana NOAA (<https://coralreefwatch.noaa.gov/>) para os próximos 7 dias, conforme sua publicação no último dia 8. Estes alertas apontam para a elevação da temperatura atingindo níveis críticos (AL3, em uma escala 1-5) que representam risco para eventos que podem desencadear mortalidade de corais. Estes processos em áreas poluídas podem ser potencializados por eventos de falta de oxigênio (valores abaixo de 3 mg/L), que elevam o estresse fisiológico potencializando o impacto do aquecimento sobre o sistema recifal e comunidade associada.

CIRCULAÇÃO MARINHA

É importante destacarmos que, apesar das variações induzidas pelo vento (Alves Junior 2011), a circulação nas baías potencializa o acúmulo de poluentes na região onde se observou o evento de mortalidade e este processo pode causar novos eventos de hipoxia e eventuais novas florações na região central e norte da Baía Sul (Figura 3).



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



Figura 3: Mapa com as correntes geradas por marés de enchente nas Baías Norte e Sul, favorecendo o acúmulo de poluentes na região onde observou-se mortalidade e evidências da ocorrência da floração de algas nocivas (adaptado de Melo et al. 1997)

Além da circulação das águas, vale indicar que os eventos de FAN nas Baías da Ilha de SC ocorrem devido a entrada de água contaminada por nutrientes na escala local (bacias hidrográficas) e regional (Pluma do rio da Plata, trazida por vento de sul; ou ressurgência de água fria, associadas ao vento de N) (Fonseca et al., 2021). Na escala local, as bacias hidrográficas urbanizadas, e com tratamento precário de efluentes, são as principais fontes de nutrientes e as chuvas induzem a entrada da maior carga desses nutrientes (Cabral et al., 2019). Isso foi identificado por Viana et al. (em prep), utilizando modelagem que une a informação da circulação das águas com a poluição por nutrientes (Figura 4). Nessa figura é possível observar (cores de vermelho mais forte) que a maior



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

entrada de nutriente(fertilizante) nitrogenado (imagem esquerda) promove o desenvolvimento das algas (imagem da direita) na região em que a floração foi observada (centra da Baía). Ressalta-se que o nitrogênio é o nutriente que falta (limitante) para o desenvolvimento das algas nas baías (Cabral et al., 2019; Fonseca et al., 2021).

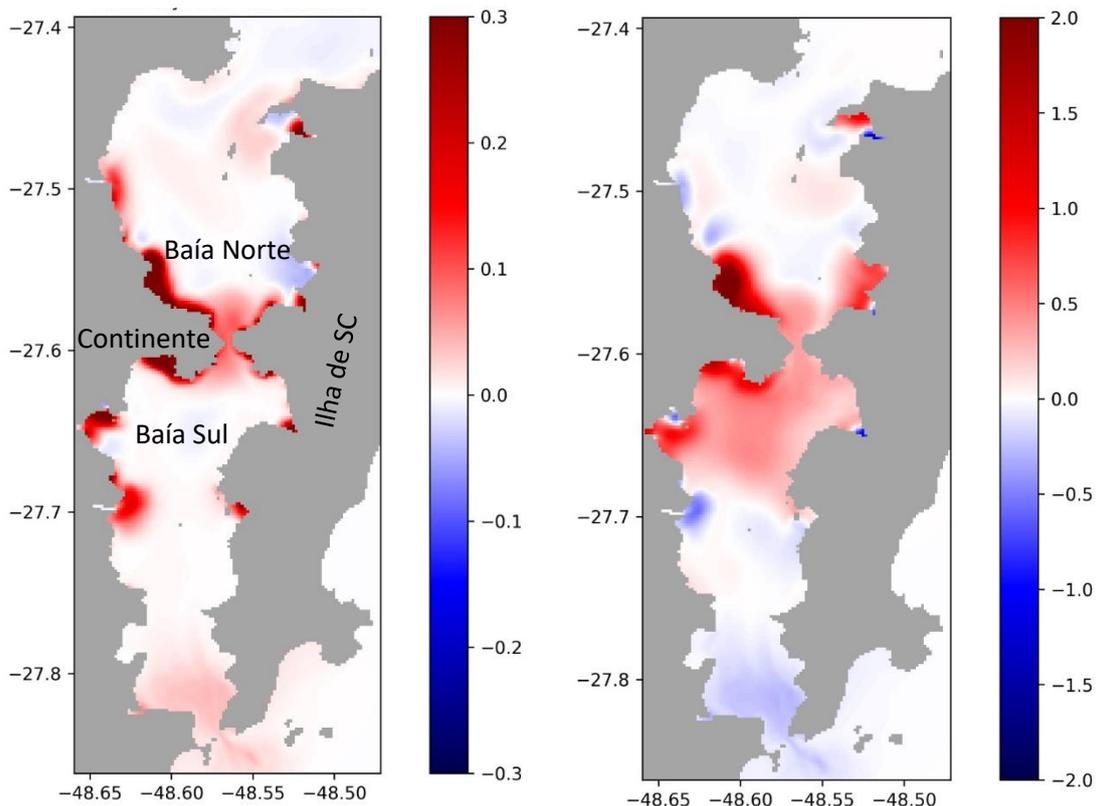


Figura 4. Distribuição do enriquecimento de nutriente nitrogenado (esquerda) e de microalgas (direita) após evento de chuva na Baía da Ilha de SC. Fonte: Viana et al. (em prep).

SOLUÇÕES: GESTÃO COSTEIRA DE BASE ECOSISTÊMICA

É preciso considerar todas as intervenções e os problemas crônicos que temos conhecimento na região (Figura 5), que precisam ser mapeados, dimensionados, revistos os impactos, promovida a mitigação ou interrupção das atividades até estabelecimento de contingências.

Desde o lançamento crônico de esgotos não tratados ou tratados de forma insuficiente, até obras e interferências nos ambientes costeiros como dragagens, engordamentos de praia, aterros, desmatamento, terraplanagem, entre outros. Todas estas intervenções nos sistemas costeiros podem estar relacionadas aos fenômenos relatados, uma vez que representam alterações ambientais já reportadas na literatura como determinantes de tais tipos de eventos catastróficos, pois aumentam a disponibilidade de recursos que potencializam a ocorrência das florações.



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

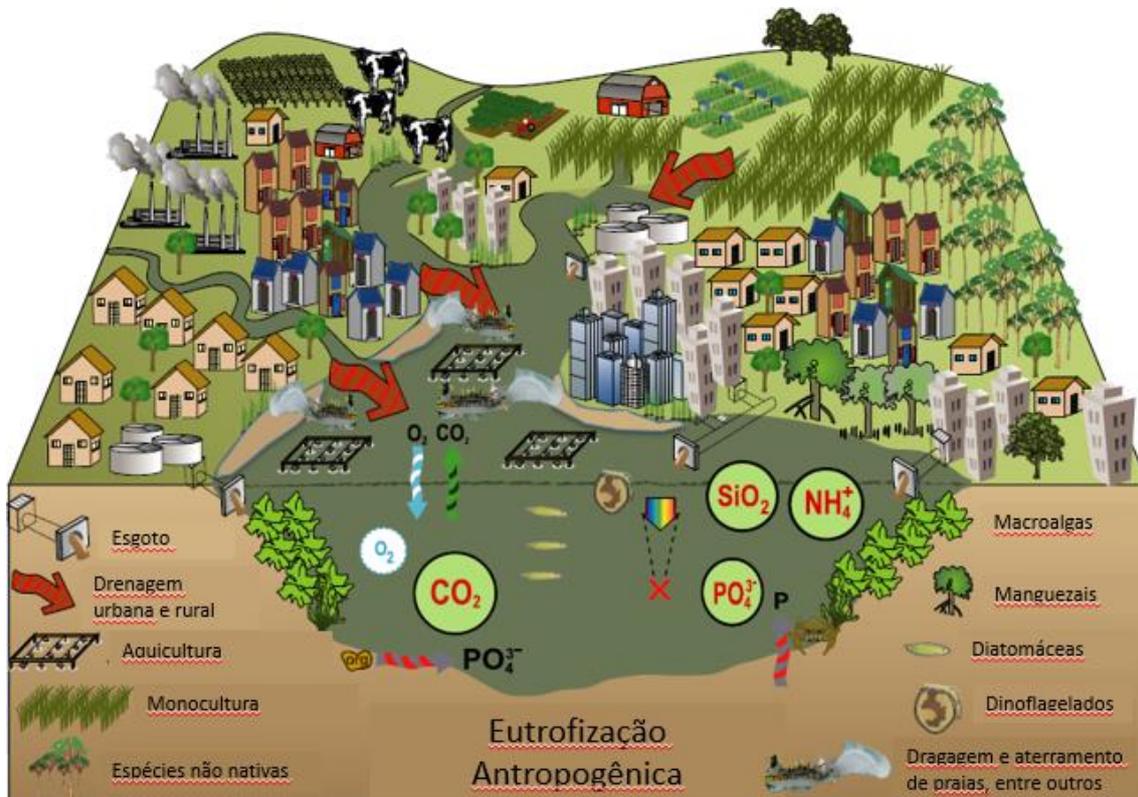


Figura 5: Esquema de ocupação costeira adaptado de Horta et al. (2021) onde podemos sintetizar a interação entre os fatores que podem contribuir para a ocorrência de florações de algas nocivas (FANs), em nossas regiões costeiras, que podem ser protagonizadas por grupos como diatomáceas, dinoflagelados, entre outros. Entre os fatores destacamos o lançamento de esgoto não tratado ou parcialmente tratado, drenagem urbana e rural (ricas em nutrientes e matéria orgânica) derivadas de atividade como a aquicultura e agricultura, que combinando com espécies oportunistas, que podem ser não nativas, podem resultar em floração, uma vez que os serviços ecossistêmicos provido por nossas praias e manguezais estão sendo comprometidos por empreendimentos como engordamentos de praia, aterros, e agravamento da poluição costeira, sem a devida preocupação com biorremediação ou restauração dos ecossistemas degradados.

Considerações finais

Em um contexto de crescente urbanização e crescente evidências dos impactos da antropização da região costeira, não devemos atribuir, a priori, caráter natural a esse tipo de evento, haja vista o cenário global e recomendações das Nações Unidas.

Além disso, destacamos que esse evento é novo, sem registros efetivos anteriores em condição de região costeira pristina. Há nitidamente um conjunto de alterações em curso e, a exemplo do que aconteceu com a Lagoa da Conceição, atribuir causa natural ou coincidência a eventos que ocorrem após



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

forçantes explícitos de alteração ambiental, não encontra respaldo lógico e não contribui com a construção de políticas de prevenção e precaução. Eventual descaso com a capacidade de suporte de nossos territórios e ecossistemas, assim como com a saúde da nossa sociedade e da nossa economia do mar precisa ser tratado com o rigor da lei para que eventos como esse não se tornem frequentes ao ponto de comprometerem a segurança econômica e alimentar, especialmente das frações menos favorecidas de nossa sociedade.

Considerando a intensificação das mudanças climáticas e a iminência de gatilho de múltiplos pontos de inflexão (Wunderling et al. 2024), o monitoramento e as ações de mitigação de eventos extremos são necessárias. Ondas de calor marinhas devem aumentar em frequência, duração e extensão espacial. Estudos demonstram que espécies de águas rasas que já se encontram nos seus limites superiores de tolerância térmica estarão em maior risco, inclusive por estes eventos serem acompanhados de expressiva perda de oxigenação das águas e potencial ocorrência de floração de algas nocivas. Este cenário deve ser considerado em futuras estratégias para se elevar a resistência e resiliência destes ambientes e sociedade às alterações climáticas, incluindo avaliações de risco e impacto que sustentam a gestão dos recursos marinhos, da pesca, da maricultura e do turismo em ambientes costeiros (Roberts et al. 2019).

Portanto, a implementação de um gerenciamento costeiro integrado, de base ecossistêmica, orientado pela ciência e debate com a comunidade é urgente (Figura 6). Um diagnóstico da capacidade suporte de nossas baías deve orientar a adequação do saneamento básico, da disposição final de efluentes, assim como dos demais usos que fazemos do território da grande Florianópolis.

Existem evidências robustas que os ambientes costeiros filtram poluentes derivados do escoamento de superfície e do esgotamento sanitário, mitigando os impactos da eutrofização e elevando a saúde de diferentes ecossistemas (Lin et al. 2021; Klomann e Padilla-Gamiño 2022). A restauração destes ecossistemas e de suas contribuições para nossa sociedade reduzirá as chances de ocorrência de novas florações, elevando a resistência e a resiliência de diferentes ecossistemas e de suas populações (Gobler et al. 2022).

Portanto, uma gestão adequada da região deverá recuperar a balneabilidade, elevar a transparência da água, enriquecendo as atrações turísticas ao mesmo tempo que resgatam a saúde de ecossistemas diversos, representando adaptação e mitigação importante para o enfrentamento da emergência climática. Assim pode-se fomentar a restauração de nossos ambientes degradados, destacadamente de nossas restingas, Mata Atlântica, manguezais, marismas e bancos de gramas e algas marinhas. Esse processo deverá recuperar serviços ecossistêmicos que naturalmente filtram a água removendo poluentes e patógenos. A recuperação desses atributos deverá favorecer a recuperação de estoques pesqueiros importantes especialmente para a pesca artesanal. A introdução do conceito de maricultura multitrófica, além de reduzir



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

os impactos da atividade deve se beneficiar da recuperação orquestrada pelo processo de gestão integrada. Esses sistemas mais diversos serão mais resistentes e resilientes do ponto de vista ambiental, social e econômico aos impactos das mudanças climáticas.



Figura 6: ilustração adaptada de Horta et al. (2021) com sugestão de ações que tenham como alvo a adoção de soluções baseadas na natureza para resgatar a saúde da natureza, da nossa sociedade e da nossa economia considerando modelos de gestão integrada de ambientes costeiros.

Uma nova organização dos nossos territórios costeiros ao redor de economia azul regenerativa (Aquad e Fath 2022), nos permitirá contribuir para um gerenciamento territorial voltado para o fortalecimento da saúde planetária, perspectiva que se fortalece diante do cenário de crise climática e ambiental vivenciado nos últimos tempos.

Neste contexto, a saúde humana, por exemplo, tem se mostrado fortemente dependente das questões globais. Os sistemas humanos e os sistemas naturais se mostraram interconectados, interdependentes e vulneráveis. O evento vivenciado na Grande Florianópolis, reforça que os impactos na saúde planetária influenciam a perda de biodiversidade oceânica potencializando a perda de



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

serviços de regulação, potencializando ciclo vicioso que compromete ainda mais a saúde planetária.

Com base numa revisão da literatura, consideramos que a poluição (crônica e aguda), combinada ao aquecimento, causa desoxigenação e potencializa os impactos negativos de florações de algas nocivas (FAN). Estes impactos nos sistemas naturais e humanos das Baías tiveram consequências ambientais, humanas e econômicas, resultando em perda de serviços ecossistêmicos, comprometendo a segurança alimentar e nutricional, os meios de subsistência humanos. Investir em instituições que promovam o monitoramento e a adoção de soluções é urgente, para não só compreender causas e consequências, mas para catalisar ações preventivas, restaurativas e sustentáveis para garantir a vida marinha e suas contribuições para o planeta e para a nossa sociedade.

Referências

Alves Júnior, L. A. (2011). Caracterização hidrográfica da Baía de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Arias-Ortiz, A., Serrano, O., Masqué, P., Lavery, P. S., Mueller, U., Kendrick, G. A., ... & Duarte, C. M. (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, 8(4), 338-344.

Auad, G., & Fath, B. D. (2022). Towards a flourishing blue economy: Identifying obstacles and pathways for its sustainable development. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100193.

Bell, J. J., Smith, R. O., Micaroni, V., Strano, F., Balemi, C. A., Caiger, P. E., ... & Shears, N. T. (2023). Marine heat waves drive bleaching and necrosis of temperate sponges. *Current Biology*, 33(1), 158-163.

Bricelj, V. M., Haubois, A. G., Sengco, M. R., Pierce, R. H., Culter, J. K., & Anderson, D. M. (2012). Trophic transfer of brevetoxins to the benthic macrofaunal community during a bloom of the harmful dinoflagellate *Karenia brevis* in Sarasota Bay, Florida. *Harmful Algae*, 16, 27-34.

CABRAL, ALEX ; BONETTI, CARLA H.C. ; GARBOSSA, LUIS H.P. ; PEREIRA-FILHO, JURANDIR ; BESEN, KELLY ; Fonseca, Alessandra L. . Water masses seasonality and meteorological patterns drive the biogeochemical processes of a subtropical and urbanized watershed-bay-shelf continuum. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, v. 749, p. 141553, 2020.

Capel, K. C. C., Segal, B., Bertuol, P., & Lindner, A. (2012). Corallith beds at the edge of the tropical South Atlantic. *Coral Reefs*, 31, 75-75.

Fonseca, Alessandra Larissa; NEWTON, ALICE; CABRAL, ALEX. Local and meso-scale pressures in the eutrophication process of a coastal subtropical



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

system: Challenges for effective management. *ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE*, v. 250, p. 107109, 2021.

Gobler, C. J., Doall, M. H., Peterson, B. J., Young, C. S., DeLaney, F., Wallace, R. B., ... & Kulp, R. E. (2022). Rebuilding a collapsed bivalve population, restoring seagrass meadows, and eradicating harmful algal blooms in a temperate lagoon using spawner sanctuaries. *Frontiers in Marine Science*, 9, 911731.

Gouvêa, L. P., Schubert, N., Martins, C. D. L., Sissini, M., Ramlov, F., Rodrigues, E. R. D. O., ... & Horta, P. A. (2017). Interactive effects of marine heatwaves and eutrophication on the ecophysiology of a widespread and ecologically important macroalga. *Limnology and Oceanography*, 62(5), 2056-2075.

Guillot, S., & Delcourt, N. (2021). Marine Neurotoxins' Effects on Environmental and Human Health: An OMICS Overview. *Marine Drugs*, 20(1), 18.

Hallegraeff, G. M. (2021). Global Harmful Algal Bloom: status report 2021: A Scientific Summary for Policy Makers.

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.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>.

Klohmann, C. A., & Padilla-Gamiño, J. L. (2022). Pathogen filtration: an untapped ecosystem service. *Frontiers in Marine Science*, 9, 921451.

Kirkpatrick, B., Fleming, L. E., Squicciarini, D., Backer, L. C., Clark, R., Abraham, W., ... & Baden, D. G. (2004). Literature review of Florida red tide: implications for human health effects. *Harmful algae*, 3(2), 99-115.

Lim, C. C., Yoon, J., Reynolds, K., Gerald, L. B., Ault, A. P., Heo, S., & Bell, M. L. (2023). Harmful algal bloom aerosols and human health. *EBioMedicine*.

Lin, B. B., & Dushoff, J. (2004). Mangrove filtration of anthropogenic nutrients in the Rio Coco Solo, Panama. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 15(2), 131-142.

Melo, E., Martins, R. P., & Franco, D. (1997). Standing wave tide at Florianópolis Bay (Brazil) and its influence on bay pollution. *Proceedings of BORDOMER*, 97, 143-151.



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

Noticia G1: <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2024/02/01/alerta-sobre-fenomeno-mare-vermelha-e-intoxicacao-por-algas-marinhas-e-emitido-no-litoral-de-al.ghtml>

Oliver, E. C., Donat, M. G., Burrows, M. T., Moore, P. J., Smale, D. A., Alexander, L. V., ... & Wernberg, T. (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature communications*, 9(1), 1-12.

Pezner, A. K., Courtney, T. A., Barkley, H. C., Chou, W. C., Chu, H. C., Clements, S. M., ... & Andersson, A. J. (2023). Increasing hypoxia on global coral reefs under ocean warming. *Nature Climate Change*, 13(4), 403-409.

Pierce, R. H., & Henry, M. S. (2008). Harmful algal toxins of the Florida red tide (*Karenia brevis*): natural chemical stressors in South Florida coastal ecosystems. *Ecotoxicology*, 17, 623-631.

Roberts, S. D., Van Ruth, P. D., Wilkinson, C., Bastianello, S. S., & Bansemer, M. S. (2019). Marine heatwave, harmful algae blooms and an extensive fish kill event during 2013 in South Australia. *Frontiers in Marine Science*, 6, 610.

Santora, J. A., Mantua, N. J., Schroeder, I. D., Field, J. C., Hazen, E. L., Bograd, S. J., ... & Forney, K. A. (2020). Habitat compression and ecosystem shifts as potential links between marine heatwave and record whale entanglements. *Nature communications*, 11(1), 536.

Smith, K. E., Burrows, M. T., Hobday, A. J., Sen Gupta, A., Moore, P. J., Thomsen, M., ... & Smale, D. A. (2021). Socioeconomic impacts of marine heatwaves: Global issues and opportunities. *Science*, 374(6566), eabj3593.

Wunderling, N., von der Heydt, A. S., Aksenov, Y., Barker, S., Bastiaansen, R., Brovkin, V., ... & Willeit, M. (2024). Climate tipping point interactions and cascades: a review. *Earth System Dynamics*, 15(1), 41-74.