



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)
NOTA TÉCNICA Nº12/PES/2021
25 de Novembro de 2021

Assunto: Dez meses após desastre: Sucessão ecológica, fauna e importância do baixio formado pelo desastre da LEI – CASAN para biorremediação do desastre.

Aos 11 dias do mês de Outubro de 2021, ao realizar o monitoramento semanal, com metodologia não destrutiva, das características geomorfológicas, oceanográficas, da fauna e flora no baixio formado pelo rompimento da Lagoa de Evapo-Infiltração (LEI-CASAN), na Av. das Rendeiras, foi observada a presença de placa (Fig. 1) informando a população de que a Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM), por meio da autorização 16157/2021, baseada no parecer técnico N° 543/2021-DILIC, do grupo técnico e especializado composto em 02 de fevereiro de 2021 para acompanhar a gestão dos recursos hídricos e qualidade da água nas Bacias Hidrográficas da Lagoa do Peri e da Lagoa da Conceição, autorizava o nivelamento do “Delta arenoso”. Diante da autorização e de decorridos 10 meses do desastre, viemos por meio desta nota técnicas expor os motivos para a cautela na remoção do pacote sedimentar, bem como para a presença da vegetação que naturalmente, como um sujeito de direito, cresceu no local e é característica de marismas, dunas e banhados.



Figura 1. Placa colocada no baixio em 11/10/2021 sobre a autorização do nivelamento do “Delta” arenoso formado em consequência do rompimento da LEI-CASAN.

Como detalhado na 4ª nota técnica do Programa Ecoando Sustentabilidade, de 8 de março de 2021 (PES 4, 2021a), a melhor estratégia para a Lagoa da Conceição todos os que vivem e fazem parte de seus ecossistemas, é a realização de práticas de restauração, reabilitação e biorremediação, baseadas na natureza. Neste contexto, chamamos de restauração um conjunto de práticas que têm por objetivo interromper e reverter processos de degradação dos ecossistemas (United Nations Environment Programme, 2021). A reabilitação é parceira da restauração no estabelecimento do equilíbrio ambiental. Biorremediação é a prática de usar os organismos que vivem nos ecossistemas, como plantas, bactérias, fungos e outros para estimular, metabolizar, absorver e estabilizar poluentes, devolvendo a saúde aos habitat (United Nations Environment Programme, 2021).

O banco arenoso formou-se em Área de Proteção Permanente (APP) na borda de um recurso hídrico, que segundo define o Código Florestal (Brasil, 2012) é *“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”*, onde há necessidade de licenciamento para a EXPLORAÇÃO DE RECURSOS. Enquanto, a ETE encontra-se em Unidade de Conservação (UC) municipal cuja categoria Parque permite como usos em seu território, segundo o artigo 9º do SNUC-SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (2000), realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. Porém, recentemente, em caráter de urgência e segurança, foi permitido a disposição dos efluentes tratados sobre as dunas sem quaisquer tratamentos, que evitem a percolação e a segurança do Aquífero Campeche. Em contramão, são questionadas realizações de técnicas de restauração/remediação dos sedimentos e águas das regiões atingidas diretamente pelo desastre, em APP sob três alegações 1) Presença de vetores e acúmulo de água no local; 2) A área não existe naturalmente, e anteriormente a

área era apenas um corredor de grama; 3) Solicitação da sociedade civil. Abaixo traremos discussões à luz dos mesmos.

1. BREVE HISTÓRICO, FORMAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO BAIXIO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO

A Lagoa da Conceição vem sofrendo as consequências do crescimento populacional, sub-dimensionamento da rede de tratamento de efluentes domésticos, ligações alternativas e inadequadas, desde a década de 80, quando o balneário passou a ser visto com bons olhos por turistas e especulação imobiliária (Vaz, 2008). Estima-se que, em 2016, apenas 15 % da população da Lagoa da Conceição era beneficiada pelo sistema de tratamento de efluentes e as demais moradias possuíam sistemas alternativos (Silva, 2016). O problema não se encontra somente na entrada de esgoto bruto, ou previamente tratado por sistema de fossa e sumidouro, mas também no efluente tratado.

O sistema de tratamento de efluentes domésticos na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Lagoa da Conceição é realizado em três etapas: tratamento prévio, primário, secundário e desinfecção, segundo consta no site da CASAN. Desta forma, antes da disposição final nas LEI, o efluente passa pela remoção de grosseiros (tratamento preliminar; Fig. 2.), remoção de sólidos em suspensão e parte da matéria orgânica (tratamento primário; Fig. 2.), reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; tratamento secundário; Fig. 2.) e desinfecção (Rao et al., 2012; Sperling, 2016; Von Sperling, 2015). O reator UASB, neste tratamento, em condições ideais, possui grande eficiência na remoção de matéria orgânica e parte dos nutrientes dissolvidos, porém dificilmente produz efluentes que possuem as características exigidas na legislação para que possam ser diretamente disponibilizadas na natureza, sendo necessária a utilização de um tratamento terciário ou pós-tratamento (Prata, 2021; Von Sperling, 2015).

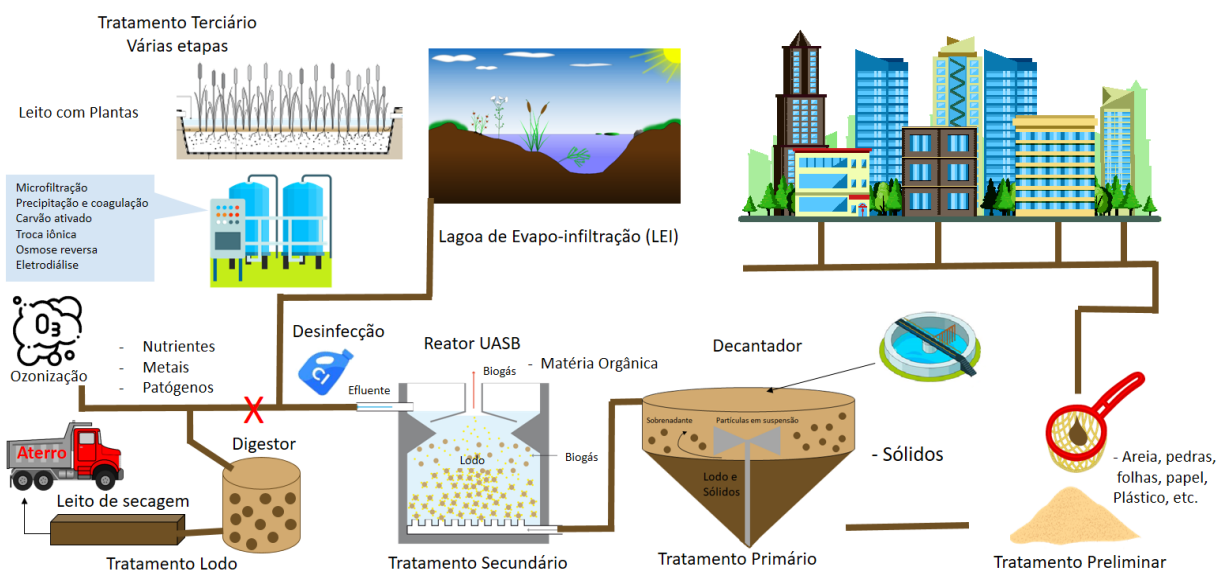


Figura 2. Sistema de tratamento de efluentes domésticos na Lagoa da Conceição. A interrupção da linha por um “x” vermelho retrata a ausência de tratamento do lodo para disposição final em aterro sanitário e alternativas de tratamentos terciários para a remoção de nutrientes, fármacos, hormônios, metais, etc. (Desenho esquemático: PES).

Estudos mostram que o sistema de tratamento secundário não é adequado para a quantidade de fármacos, metais, nutrientes que jogamos pelo ralo, possuindo eficiência de remoção de apenas 4,7% (Walker, 2012). Além disso, algumas brechas na legislação vigente abrem pressuposto para a disponibilização do efluente diluído, e não tratado, no ecossistema (Martins et al., 2020). Na etapa terciária de tratamento realiza-se a remoção de compostos xenobióticos (substâncias químicas estranhas ao organismo humano), nutrientes, organismos resistentes à desinfecção, entre outros poluentes. Na figura 2. citamos algumas alternativas de tratamento terciário, como o uso de *wetlands* que são lagoas ou canais rasos com plantas aquáticas, como a taboa (*Typha domingensis*) ou o capim marinho (*Spartina alterniflora*), que metabolizam, estabilizam e absorvem poluentes (Decezaró et al., 2021). Esta alternativa não é usada na Lagoa da Conceição, logo estes poluentes introduzidos pela ruptura permanecem no sistema.

Complementando o cenário, são recorrentes os problemas nas ligações e estruturas da rede. Em 19 de maio de 2020 foi detectada a presença abundante de espuma com coloração amarronzada e odor desagradável sobre as águas dos

setores Central e Sul da Lagoa da Conceição, em virtude de extravasamento na rede coletora de esgotos (FLORAM, 2021a). Em 25 de janeiro de 2021 ocorreu o rompimento do talude que continha uma das LEI-CASAN liberando mais de 100 milhões de litros de efluente rico em nutrientes, hormônios, metais, detritos e abundante água doce no sistema. Após a Lagoa passou a apresentar inúmeros sintomas de esgotamento dos sistemas como falta de oxigênio na água (anoxia / zonas mortas), mortandade de organismos (relatados em fevereiro na Nota Técnica PES 3 (2021) e de siris jovens em 02 de novembro, por pescadores), inúmeras florações (relatadas na Nota Técnica PES 4 (2021) e observadas até os dias atuais) e presença de metais em organismos (PES 5, 2021a).

Por ocasião do rompimento muitos poluentes foram introduzidos no corpo hídrico, depositando em porções menos hidrodinâmicas e abaixo das areias carregadas. Houve então a formação de uma feição nas margens, na Av. das Rendeiras, constituída por resíduos de efluentes (particulados, depositados e adsorvidos, como metais e hormônios sintéticos, os quais não foram medidos com base na Folha De Rotina Nº 128/2021-DILIC), e do desastre (roupas, pacotes de alimentos e restos de construção, utensílios domésticos), que em períodos de intensos ventos dos quadrantes Norte/Nordeste vêm à superfície. O sedimento que recobre o banco é de origem eólica, constituído de areias finas e médias, provenientes das dunas. Deltas são feições menos recentes composta por sedimentos de origem marinha e fluvial, em geral, próximos a desembocadura de rios (Boggs Jr, 2014; Prothero and Schwab, 2004; Snedden et al., 2012). Desta forma, justificamos o uso dos termos baixio e/ou banco doravante.

O baixio formado no dia 25/01 possuía uma extensão de 120 m, adentrava a lagoa em 37,9 m, em forma elipsóide (Fig. 3). Naturalmente e provavelmente por causa dos ventos o banco modificou-se. Em abril possuía 120 m de largura, mas com 19 m de porção emersa, já vegetada, com forma triangular e inclinação de 28° (Fig. 3 e 4). Em agosto possuía 98 m de largura, com 19 m emersos e 46 m imersos (Fig. 3), mostrando certo espalhamento da porção imersa e estabilização da emersa.

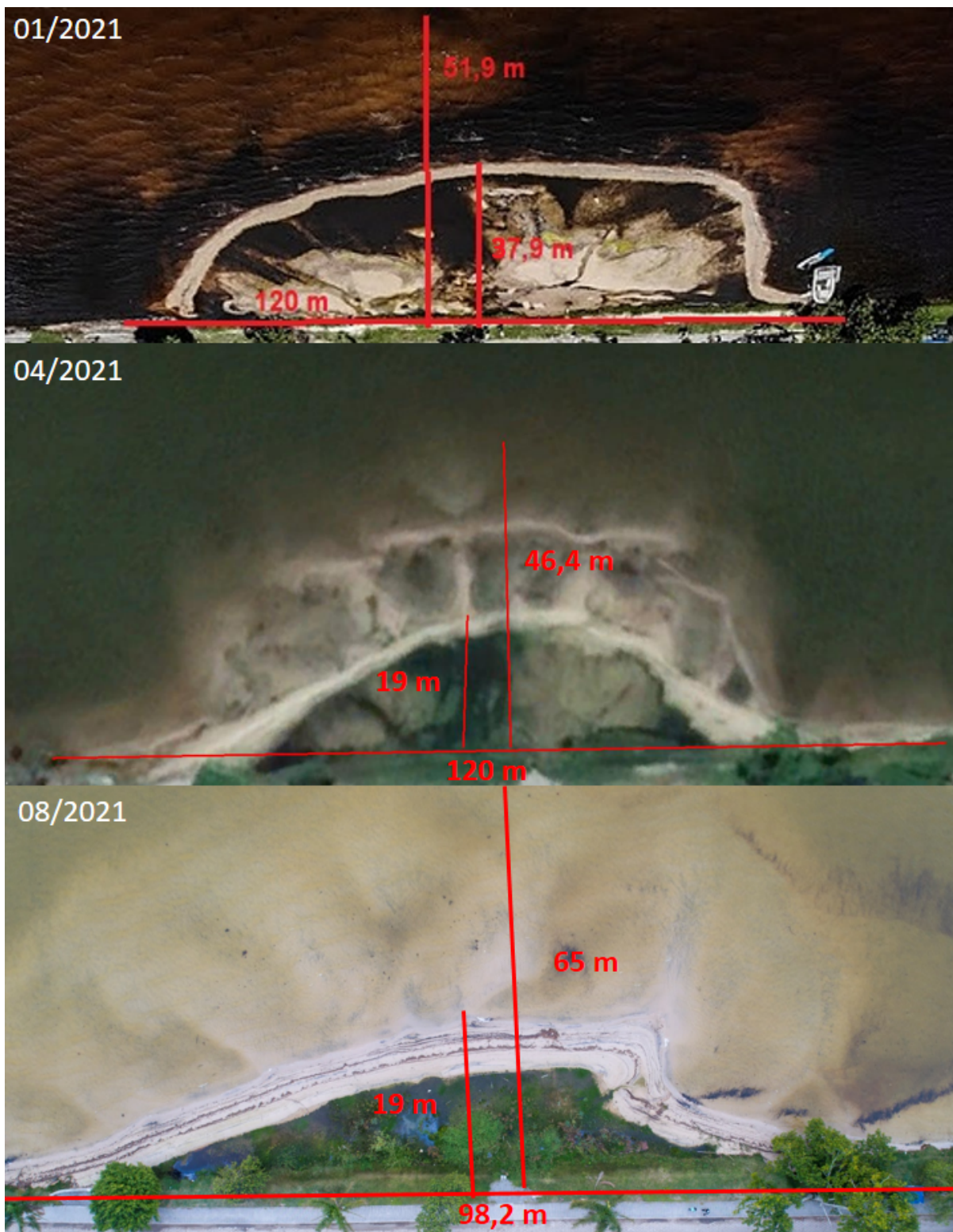


Figura 3. Levantamento fotográfico e medidas *in situ* da topografia e morfologia do baixio formado pelo rompimento da LEI (Imagens: Acervo dos atingidos, Google Earth, PES).

Florianópolis encontra-se em região subtropical, onde, diferentemente do observado em regiões próximas ao Equador, o regime de marés astronômicas é classificado como de micro marés, em geral, mistas (Garrison, 2014; Godoy, 2009; Godoy et al., 2008; Santos, 2016). Ou seja, a elevação é de baixa amplitude, com dois picos diários de diferentes proporções (Garrison, 2014). Na Lagoa da Conceição, estudos mostram que a maré astronômica possui ainda menor influência, visto que além da baixa amplitude, mesmo em luas de sizígia, 90% da oscilação é dissipada no Canal da Barra (Godoy et al., 2008). A maré meteorológica, gerada majoritariamente por ventos dos quadrantes Norte e Sul, que possuem maior pista de vento, são mais importantes (Andrade, 2001; Godoy, 2009; Santos, 2016). Foi observado em campo uma variação média de maré de 0,07 m, com variação do varrido de 0 a 1,3 m em período de ventos intensos de quadrante Norte (Fig. 4).



Figura 4. Características de inclinação, zona de varrido e variação de maré do baixio vegetado em setembro/outubro de 2021. Detalhe para as linhas do deixa anteriores e zona do varrido medida nos meses citados (Imagem: PES).

As porcentagens de matéria orgânica no baixo foram crescentes de acordo com a sucessão ecológica, como resultado da metabolização de C:N:P do efluente em biomassa vegetal. Boa parte dos detritos orgânicos, em um primeiro momento mais superficiais, em agosto se encontram depositados abaixo de 5 cm da superfície sedimentar, em grandes quantidades, apresentando peso seco médio em 8, 13 e 89 dias após o desastre de 9425, 4741, 24843 g/m², respectivamente.

Diante das características morfológicas, maregráficas e composição do baixo cabem algumas considerações sobre o nivelamento do mesmo. Nos itens *e* e *f* da Autorização Ambiental N° 065/2021-DILIC (FLORAM, 2021b) é colocada como exigência a movimentação da areia de forma manual. Considerando que boa parte dos poluentes ficam adsorvidos aos sedimentos e ou depositados abaixo de uma camada superficial o menor distúrbio pode suspendê-los e disponibilizá-los na coluna d'água, interferindo novamente no equilíbrio (Förstner, 2004), levantando um sinal de advertência, até mesmo para intervenções manuais. Este efeito da redistribuição de compostos pôde ser observado dias após às intervenções em 30/10 e 02/11, quando as águas já apresentavam coloração marrom escura, odor desagradável e a presença de perífiton sobre os sedimentos (Fig. 5). No Parecer Técnico N° 543/2021-DILIC (FLORAM, 2021c) é sugerida a abertura de dois canais, em maré de Sizígia, para a diluição da água presente no baixo. Porém, contrariando o item *f* da Autorização Ambiental N° 065/2021-DILIC (FLORAM, 2021b), foi necessária a abertura de quatro canais e não houve eficiência no método. Isso ocorre pela maré astronômica ser menos influente no local, como já descrito. Diante da necessidade da retirada da água do local a solução mais prudente parecia ser a remoção de forma mecânica, com bombas de sucção, para posterior tratamento na ETE, evitando a “diluição” e remobilização de poluentes no sistema lacunar.



Figura 5. Registro de coloração, perifíton e floração no baixio em 02/11 (Imagem: PES).

2. SUCESSÃO ECOLÓGICA

Sucessão é a sequência regular de mudanças na composição de espécies em um local recém formado ou perturbado que progride em direção a um estado estável (Ricklefs, 1996). A sucessão é chamada de primária quando organismos, em geral pequenos e rasteiros, recobrem os sedimentos nus dando suporte para o crescimento de organismos de maior porte, com necessidades energéticas maiores (Ricklefs, 1996). A sucessão é dita secundária quando alguns aspectos e organismos que existiam permanecem após a impacto reestabelecendo o ecossistema (Ricklefs, 1996). Esta segunda opção foi a observada no baixio, visto que os organismos que existem na Lagoa da Conceição passaram a crescer e desenvolver as comunidades do local.

Na figura 6 é possível observar a sucessão ocorrida ao longo dos últimos dez meses, do dia do impacto em 25 de janeiro aos dias após a primeira intervenção, sem a remoção total da vegetação.



Figura 6. Sucessão vegetal do baixio ao longo dos meses até a primeira intervenção (Imagens: PES).

2.1. Vegetação

Após o desastre, o banco arenoso permaneceu não vegetado até março, quando passou a ocorrer importante sucessão vegetal iniciado pelo crescimento de plantas rasteiras. Segundo a resolução CONAMA 261 de 30 de julho de 1999, que dispõe sobre os parâmetros básicos para análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga para o Estado de Santa Catarina, em seu anexo, é considerada principal vegetação da flora vascular de restinga herbácea e/ou subarbustiva para lagunas, banhados e baixios as seguintes espécies: *Drosera* spp. (papa-mosca); *Utricularia* spp.; *Paepalanthus* spp., *Syngonanthus* spp., *Eriocaulon* spp. (sempre-viva); *Eleocharis* spp.; *Juncus acutus*, *Juncus* spp. (junco); *Cyperus* spp., *Rhynchospora* spp., *Scirpus maritimus*; *Scirpus* spp. (junco, piri); *Xyris* spp. (botão-de-ouro, sempre-viva), *Polygonum* spp. (erva-de-bicho), *Ludwigia* spp. (cruz-de-malta), *Typha domingensis* (taboa); *Tibouchina asperior*, *Tibouchina trichopoda*, *Rhynchanthera* spp. (quaresmeira); *Sphagnum* spp.; *Nymphoides indica* (soldanela-d'água), *Lycopodium* spp. (pinheirinho); *Pontederia lanceolata*,

Eichhornia spp. (aguapé); *Acrostichum danaeifolium* (samambaia); *Fimbristylis spadicea*, *Cladium mariscus*, *Salicornia* sp.; *Limonium brasiliense* (guaicuru), *Sporobolus virginicus*; espécies de *Lemnaceae* (lentilha-d'água); *Salvinia* spp., *Hydrolea spinosa*, *Bacopa monnieri*; *Senecio bonariensis* (margarida-do-banhado); *Mayaca* spp., *Spartina densiflora*, *Spartina alterniflora*; *Erianthus asper* (capim-pluma), *Ischaemum minus* (grama-de-banho), *Paspalum* spp., *Panicum* spp., *Potamogeton* spp.; *Eryngium* spp. (gravatá, caraguatá), *Pista stratiotes* (alface-d'água, repolho-d'água), *Crinum* sp. (cebolama), *Myriophyllum aquaticum* (pinheirinho-d'água), *Echinodorus* spp. (chapéu-de-couro).

Dentre as espécies citadas na legislação, boa parte cresceu a partir de março no baixio, bem como muitas possuem alto rendimento como biorremediadoras de desastres, como veremos nos próximos parágrafos. Uma das primeiras espécies foi a cosmopolita *Bacopa monnieri* (Fig. 7 d), comum nas regiões de marismas, banhados e restingas de todo o Brasil, vista também na porção leste da Avenida das Rendeiras. Esta possui 5 a 20 cm de altura, folhas arredondadas e flores brancas, adaptada a variações de salinidade e maré (Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020). É utilizada como fitoterápico e possui potencial de fitorremediação em ambientes poluídos por metais (Dineshkumar et al., 2019). Cabe evidenciar que não é recomendado o uso das plantas que crescem na Lagoa, por causa da poluição.

A partir do mês de maio, vegetação de maior porte passou a crescer no local especialmente as espécies nativas *Cyperus distans* (Fig. 7e), *Hydrocotyle bonariensis* (Fig. 7a) e *Eleocharis geniculata* (Fig. 7b). Os *C. distans*, chamados popularmente de junquinho e tiririca, são plantas que chegam até 1 m de altura, são anuais, possuem caule triangular, folhas lineares e achatadas, flores marrons organizadas em espigas (Soriano-sierra et al., 2004). Plantas do mesmo gênero já foram utilizadas para a fitorremediação de locais atingidos por petróleo, metais pesados e esgoto doméstico (Basumatary et al., 2012; Chandra and Yadav, 2011; Suchkova et al., 2014). *H. bonariensis*, chamada de erva-capitão, cariçoba ou guarda-sol, é uma planta bastante confundida com a capuchinha (*Tropaeolum*

majus) por possuir folhas arredondadas, porém as flores são pequenas, verde-amareladas e as folhas não são comestíveis (Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020). O junco-manso ou cebolinha (*E. geniculata*) é uma planta perene com caules arredondados, ocos, com espiguetas ovóides, de 30 a 60 cm de altura e se distribuem em touceira (Soriano-sierra et al., 2004). No baixio era bastante abundante, devido a sua tolerância a variação de maré e salinidade, e provavelmente metabolizava nutrientes e outros poluentes dos sedimentos, devido ao seu potencial, ainda pouco explorado, de absorção (Menezes et al., 2020).

A partir de junho houve o estabelecimento de vegetação mais alta e com maior potencial de absorção de poluentes como *Typha domingensis* chamada popularmente de Taboa (Fig. 7f). A Taboa possui como características marcantes caules e folhas lineares, com até 2,5 m de altura, e a inflorescência em forma de espiga marrom (Soriano-sierra et al., 2004). É uma planta tolerante ao encharcamento e variação de salinidade e é de suma importância para os organismos de marismas, visto que sua estrutura permite que jacarés, preás, sapos, rãs, peixes, siris, mariscos e gastrópodes (parte da macrofauna que veremos no próximo tópico) construam ninhos, criem abrigos e residam (Soriano-sierra et al., 2004). As folhas e flores são usadas para decoração e empalhação de utensílios (Soriano-sierra et al., 2004). Atualmente vem sendo usada para biorremediação de solos contaminados por efluentes urbanos e industriais, visto que aprisiona e metaboliza xenobióticos em seu sistema (Mufarrege et al., 2021). Ainda convém ressaltar, a presença do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*; Fig. 7c), que compõem o ecossistema manguezal.



Figura 7. Algumas dentre as 29 espécies presentes no baixio e importantes para a fitorremediação e restauração da saúde dos sedimentos. a) *Hydrocotyle bonariensis*, b) *Eleocharis geniculata*, c) *Rhizophora mangle*, d) *Bacopa monnieri*, e) *Cyperus distans*, f) *Typha domingensis*. (Imagens: PES)

No último mês de outubro, antes da total remoção da vegetação, o baixio era povoado por 29 espécies. A vegetação já cobria, em média, 86 % de cada metro quadrado e possuía, em média, 0,7 m de altura. As condições que favoreceram a rápida sucessão e crescimento vegetal, muito provavelmente, têm relação com a presença de nutrientes como Fósforo (P) e Nitrogênio (N), que metabolizados em 642 g/m² de biomassa aérea média e 499 g/m² de biomassa subterrânea média

(outubro) foram removidos do sistema. Talvez por isso, tais nutrientes tenham sido constatados em baixas concentrações na análise solicitada pela Folha de Rotina N° 128/2021-DILIC e utilizados como base para o Parecer Técnico N° 543/2021-DILIC. Diante do que foi discorrido pode-se afirmar que a vegetação soterrada e removida possuía importantes serviços ecossistêmicos por metabolizar xenobióticos e, com o devido manejo, poderia proporcionar beleza cênica, resgate de cultura, ser exemplo de ações de conservação e até atrair turistas, se o local fosse transformado em memorial.

2.2 Macrofauna bentônica

Bentônicos são os organismos aquáticos, ou que possuem alguma fase do ciclo de vida no meio aquático, que vivem em contato com algum tipo de substrato, seja ele areia, madeira, pedra, casco de barco, casco de tartaruga, pele da baleia, trapiche, etc. (Wilson and Fleeger, 2012). Estes são chamados de infaunais quando vivem entre grãos de areia, lama, ou epifaunais quando vivem sobre plantas, pedras, madeira (Wilson and Fleeger, 2012). Os organismos também são classificados quanto ao tamanho. Os organismos macrofaunais são aqueles que ficam retidos em uma peneira com poros de 0,5 mm, ou seja, são organismos com tamanhos entre 0,5 mm e 1 cm (Wilson and Fleeger, 2012). Na figura 8g podemos ter ideia de quão pequenos e coloridos são estes organismos a olho nu.

O macrobentos é de suma importância nos ambientes aquáticos, pois são alimentos para animais maiores como peixes e siris, comem detritos orgânicos, ajudam na oxigenação e penetração de água nas areias, podem indicar a saúde e biorremediar ambientes (Wilson and Fleeger, 2012). Estes organismos são capturados com auxílio de um cano de PVC de 0,15 m de diâmetro a 0,05 m de altura e lavados em peneira com poros de 0,5 mm. Até o momento foi registrada a presença de 44 espécies de animais e capturados um total de 3641 organismos macrofaunais. Todas as coletas foram realizadas com amparo da autorização permanente SISBIO. Dentre os grupos destacam-se como mais abundantes as larvas da família Chironomidae (1058 ind.), os poliquetas (minhocas marinhas dotadas de cerdas) *Capitella nonatoi* (967 ind.) e *Laeonereis cf. acuta* (439 ind.) e os

Oligoquetas (minhocas com poucas cerdas) *Nais* sp. e *Tubifex tubifex* (totalizando 778 ind.). Todos os organismos citados são comedores de detritos orgânicos e muito provavelmente reproduziram-se no baixio pela deposição dos efluentes tratados.

Em ocorrência de desastres, como o da Lagoa da Conceição, os macroinvertebrados bentônicos são bastante afetados, pois têm contato íntimo com os poluentes depositados e movem-se menos, porém são extremamente tolerantes e resilientes (Johnson et al., 1993). Chamamos de tolerantes organismos que suportam situações adversas, já os resilientes têm a capacidade de retornar às características que possuía antes do impacto (Ricklefs, 1996). Os organismos bioindicadores são aqueles cuja sua reação, abundância, dominância, presença ou ausência indicam a saúde ambiental (Maia et al., 2001). A fauna bentônica vem sendo estudada como bioindicadora desde a década de 90 (Johnson et al., 1993) e nos últimos anos em nível molecular (Ahrens et al., 2013; Geracitano et al., 2002; Jha et al., 1997; Leão et al., 2008).

A resposta do bentos às altas e moderadas concentrações de efluentes pode ser direta ou indireta, positiva ou negativa (Jha et al., 1997). Por exemplo, em cargas moderadas de efluente há respostas positivas com aumento de abundância e riqueza, já em altas cargas há aumento da dominância (Lerberg et al., 2000; Llanos et al., 2021; Pearson and Rosenberg, 1978). A introdução de compostos xenobióticos pode gerar variação na atividade enzimática (Barros et al., 2018), na eficiência reprodutiva (Zulkosky et al., 2002), no hábito escavador e mortalidade (DUSSAULT et al., 2008; Nogueira and Nunes, 2021). Desta forma, podemos contar a história destes organismos para entender as sucessões e mudanças na qualidade dos sedimentos e águas do baixio, visto que a predominância de determinado grupo de organismos no meio pode oferecer indícios sobre as condições ambientais, permitindo avaliar os efeitos da poluição sobre o corpo d'água de maneira empírica (Goulart and Callisto, 2003).

O poliqueta *C. nonatoi* (Fig. 8a) pertence a uma família caracterizada por organismos oportunistas e de rápida colonização, principalmente em ambientes recém-perturbados (Dauer 1984), e as *L. acuta* (Fig 8b) são detritívoros das

camadas superficiais do sedimento (Bemvenuti 1997), ambos são organismos indicadores de poluição por esgoto (Checon et al., 2021; Fiori et al., 2020) e atualmente muito utilizados na remediação de ambientes poluídos por esgotos e aquicultura (Ito et al., 2016; Kinoshita et al., 2008; Palmer, 2010; Tsutsumi et al., 2002). Os abundantes Oligoquetas, sejam eles de ambiente terrestre ou aquáticos, tem seu papel no ecossistema bem conhecido, principalmente relacionado a formação de um solo fértil, porém aqui vamos destacar a função destes organismos para a alimentação de crustáceos e peixes (Dore et al., 1975; Galasso et al., 2020; Rech, 2011; Redondo et al., 2008). Quando consumidos, os Oligoquetas contaminados passam os contaminantes para o predador, acumulando até chegar no homem, em um processo conhecido como biomagnificação (Ricklefs, 1996).

Mas nem todos os organismos registrados são comuns para a Avenida das Rendeiras, por exemplo as larvas dos mosquitos da família Chironomidae (Fig 8c ; Silva, 2004; Souza, 2004; Teive, 2013). As larvas dos mosquitos NÃO HEMATOFAGOS, têm como característica principal a coloração avermelhada, por possuir hemoglobina como fluido corporal, e por isso são chamados vermes ou larvas de sangue (Hamada et al., 2014; Fig. 8c). Estes animais habitam águas doces, mas são tolerantes a alguns níveis de salinidade em zonas entre-marés, além de fontes termais, lagos vulcânicos, águas de degelo, acúmulos de água em folhas e madeiras, solo úmido (Armitage et al., 2012). Porém é importantíssimo observar que estes organismos têm grande afinidade com locais enriquecidos por nutrientes e matéria orgânica, sendo indicadores comuns de poluição por efluentes domésticos e presentes em ETE (FARIA, 2019; Marques et al., 1999; Morais et al., 2010; Quintana et al., 2018). Desta forma, diferentemente do evidenciado no Parecer Técnico Nº 543/2021-DILIC, de 16/08/2021, NÃO se constata a presença de larvas de mosquitos HEMATOFAGOS (vetores de doença), como os da família CULICIDAE, desde o mês de ABRIL (quando foram encontrados 7 organismos), bem como a presença de larvas dos mesmos organismo não foram evidenciadas no Anexo 2, do Relatório de monitoramento da Lagoa da Conceição, apresentado em setembro deste anos pela CASAN. Pelo contrário, a fauna característica é indicadora de poluição por efluentes.

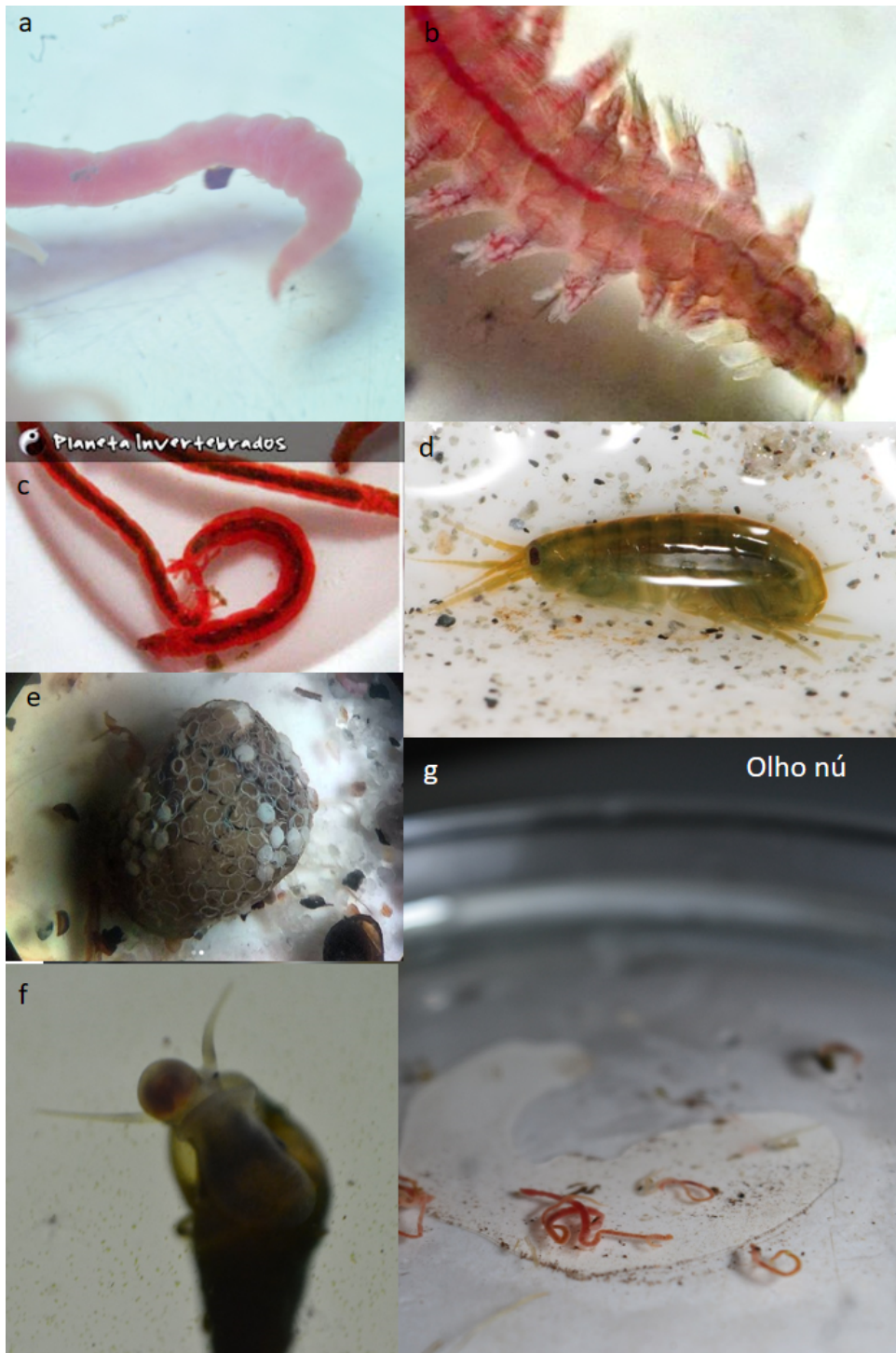


Figura 8. Organismos bentônicos mais comuns no baio formado pelo desastre. a) *Capitella nonatoi*, b) *Laeonereis cf. acuta* c) Chironomidae (Foto: Planeta Invertebrados, Walther Ishikawa, Tasteofcrayons, Danwei Hwang, e extraída de Cornette R (2010)), d) *Betea catarinenses*, Anfipoda (Foto: Jason Michael Crockwell), e) *Neritina virginica* f) *Heleobia* sp., g) Placa de Petri de 0,1 m com *C. nonatoi* e Chironomidae. (Imagens: PES)

Para descrever a história dos bioindicadores alguns índices são primordiais como: abundância, riqueza, diversidade e equabilidade. Abundância é o número de organismos encontrados em uma área específica, neste caso usamos o número de organismos em um metro quadrado. Riqueza é o número de espécies presentes em determinada área. Com os dados de abundância e riqueza obtivemos o índice de diversidade de Shannon-Wiener, ou biodiversidade doravante, que diz qual a biodiversidade do local dando o mesmo peso para espécies raras e abundantes (Ricklefs, 1996). Quanto mais alto este índice maior a diversidade local (Ricklefs, 1996). O índice de equabilidade de Pielou mostra quando há dominância de alguma espécie, ou seja, quanto mais próximo de zero maior a abundância de algumas poucas espécies que dominam o ambiente (Ricklefs, 1996).

Na figura 9 vemos os quatro gráficos de barras que contam a história da assembleia da macrofauna bentônica presente no baixio 8, 13, 89 e 233 dias após o desastre. Em todos os gráficos é possível observar um crescente ao longo dos dias para todos os descritores. O impacto inicial do desastre levou milhões de litros de água doce, nutrientes e sedimentos para dentro da lagoa. Em consequência, no primeiro momento, houve o processo de mortalidade em massa do macrobentos seja por causa da variação de salinidade, transporte, soterramento ou falta de oxigênio (Breux et al., 2019; Van Diggelen and Montagna, 2016; Von Bertrab et al., 2013; Woodin et al., 2020). Como muitos organismos da macrofauna são resilientes e tolerantes os que sobreviveram e estavam nos arredores, oito dias após o desastre, começaram a colonizar o baixio muitos em busca dos restos de efluentes ou do biofilme de algas e bactérias que crescia (Galasso et al., 2020). Por isso, entre o oitavo e o 13º dia vemos baixa abundância, riqueza, diversidade e equabilidade (Fig. 9). Entre o oitavo e o 13º dia, há uma pequena redução na equabilidade, ou aumento da dominância, porém estes valores não são estatisticamente diferentes, mas possivelmente nas amostragens dos 21º e 54º dias, que ainda não foram analisadas, poderemos ver qual a tendência da dominância. O 89º dia corresponde ao mês de abril, momento em que a vegetação possui um determinada complexidade, tridimensionalização, e passa a estabilizar o baixio, além disso a entrada de água doce passa a ser menor e os detritos

depositados já estão melhor digeridos pelas bactérias do sistema. Essas características de estabilidade, estrutura e disponibilidade de alimentos tem relação direta com o aumento da abundância, riqueza, diversidade e equabilidade nas últimas duas datas.

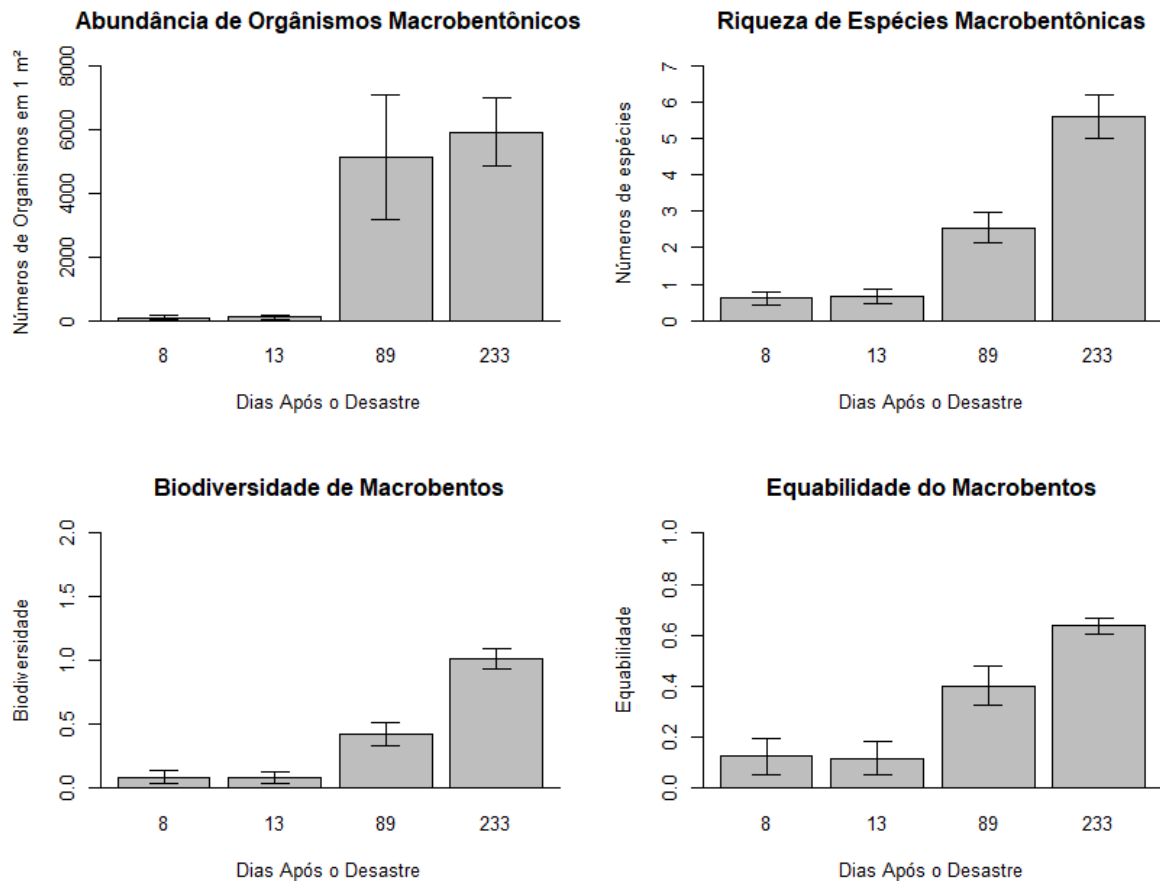


Figura 9. Gráficos das abundâncias, riqueza, diversidade e equabilidade médias (\pm EP) das assembleias da macrofauna bentônica presente no baixio ao longo do tempo, consequente crescimento vegetal, depuração de poluentes, consumo de detritos e menor entrada de água doce.

A qualidade e salinidade da água presente no baixio também apresentou variação. Pode-se verificar a redução na entrada de água proveniente da LEI rompida, dado ao aterro, a salinização e a influência da vegetação nas modificações da estrutura da macrofauna presente. Desta forma, de abril às coletas atuais, verifica-se fauna majoritária de ambientes de marisma, águas salobras e restingas, com eventuais ocorrências de anfíbios (Fig. 10) e aves. Na Figura 11 podemos ver a influência da salinidade na abundância da macrofauna. Pelos gráficos fica bastante

clara a redução na quantidade de organismos macrofaunais de água doce entre as coletas 89 e 233, enquanto que as abundâncias dos organismos de água salobra e salina mantêm o crescimento de forma gradual.



Figura 10. Girinos de Anfíbios que já habitavam o baixio no período em que os canais para “diluição” das “águas paradas” foram abertos.

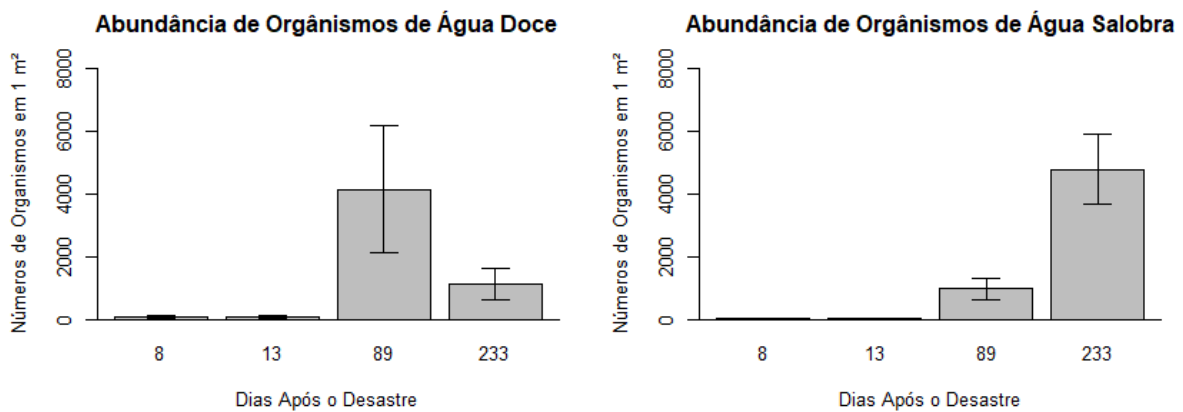


Figura 11. Gráficos que retratam as abundâncias de espécies de água doce e dos organismos tolerantes a variações de salinidade e de ambiente salino. Destaque para a troca entre organismos de água doce e salina entre as coletas 89 e 144.

Devido a heterogeneidade de habitat, causada pela vegetação e sua função de abrigo, como visto no item anterior, houve o aparecimento de organismos

epifaunais, como os anfípodes (Fig. 8d), que parecem pequenas pulgas d'água, e os caracóis dos gêneros *Neritina* sp., e *Heleobia* sp. (Fig. 8e e 8f). Os dois primeiros organismos são conhecidos como jardineiros por pastarem micro e macro algas, sendo que os anfípodes (Fig. 8d) são notadamente conhecidos por polinizar pradarias de gramas marinhas, que são berçários de peixes, siris, caranguejos, camarões (van Tussenbroek et al., 2012). O caracol *Heleobia* sp. (Fig. 8f) também pasta sobre algas, mas tem como preferência locais com grandes quantidades de matéria orgânica e detritos para se alimentar (Lana, 1986; Neves et al., 2011). Assim como os outros detritívoros, está associada ao baixio na Lagoa da Conceição em virtude da quantidade de alimentos disponibilizada.

Ainda há a possibilidade do desastre ocorrido em janeiro ter fornecido condições para a invasão de um poliqueta epifaunal que forma “recifes” em estruturas fixas (Fig. 12).



Figura 12. Colônia de *Ficopomatus* cf. *enigmaticus* registrado pela primeira vez em 15/08/2021 nas proximidades da prainha do baixio no sul da Lagoa da Conceição. (Foto: Dairana Misturini)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação do baixio nas margens da Lagoa da Conceição não foi natural, assim como não são os aterros das Baías Norte e Sul, como as engordas das praias de Canasvieiras, Balneário Camboriú e futuras de Jurerê e Ingleses. Mesmo essas drásticas intervenções não evitaram a resiliência dos ecossistemas e o repovoamento da fauna e flora típicas locais, bem como não justificaram a remoção destas comunidades *a posteriori*, a exemplo dos manguezais e marismas da Beira-mar Sul, que nas premissas da Lei Orgânica Municipal, em seu Art. 133, tiveram sua colonização respeitada como um sujeito de direito. Diferentemente, na Lagoa da Conceição a escolha da natureza em busca de equilíbrio não foi respeitada apesar de constar no item “i”, da Autorização Ambiental N° 065/2021-DILIC, que “*Devem ser evitados os danos à vegetação nativa existente nas áreas do entorno do delta. Qualquer intervenção na vegetação deve ser solicitada previamente a FLORAM*”. Neste contexto, pode-se observar o entendimento de que a vegetação do entorno, manejada frequentemente e composta notadamente por *Brachiaria* spp., tem maior importância do que a vegetação nativa que compunha o baixio. Cabe ressaltar, que a vegetação crescida no banco é vista em regiões mais preservadas da Lagoa da Conceição, onde as máquinas de cortar grama não passam (Fig. 13), e muito provavelmente ali estavam fixadas antes da década de 80 e da desenfreada expansão dos usos dos solos.



Figura 13. Vegetação de restinga e marisma presentes na região sul da Lagoa da Conceição atrás do Condomínio Marina Philippi. (Foto: PES).

O nivelamento, segundo constam nos documentos, tem por objetivo principal *“evitar o acúmulo de água no interior do delta, e o conseqüente mau cheiro e proliferação de vetores”*. Como já citado o ambiente não abrigava vetores, como larvas de mosquitos hematófagos, e segundo o próprio parecer técnico, que embasa a necessidade de nivelamento e remoção da vegetação, *“(…) os sedimentos não apresentam quantidades de substâncias, elementos químicos e organismos patogênicos que possam ser considerados prejudiciais ao ambiente e a população.* (PT Nº 543/2021-DILIC, pág. 2, par. 3, l. 3-5)”. Indaga-se então, por qual motivo não optou-se pelo manejo da vegetação, bem como a aversão ao uso de técnicas que visem biorremediar, bioestabilizar e restaurar os sedimentos e águas da Lagoa da Conceição. Além disso, apesar de estar ausente nos laudos e pareceres técnicos, foi possível observar ao longo do monitoramento realizado a presença saídas de esgoto clandestina escoando diretamente para a Lagoa da Conceição ou para a região interna do baixio, com a presença constante de águas com espuma, gorduras, cor e odor característicos de esgotamento cloacal (Fig. 14).



Figura 14. Escoamento clandestino drenando para a Lagoa da Conceição (Foto: PES).

A biorremediação, bioestabilização e restauração são possibilidades viáveis para a Lagoa da Conceição. Ao redor do mundo, propostas de biorremediação são estudadas desde 1900 para ambientes terrestres (Van Zyl, 1900) e da década de 80 em aquáticos (Burton et al., 1988). Mais recentemente tem-se utilizado a abordagem multitrófica para o tratamento dos efluentes, principalmente em aquicultura, que quando combinados produtores primários e comedores de depósito, há eficiência de remoção maior que 50% de matéria orgânica particulada, nitrogênio e fósforo dissolvidos (Jerónimo et al., 2021). Acredita-se que, utilizando-se o baixio como ponto central do processo, e mais pontos estratégicos, o plantio e manejo de espécies como o capim marinho *Spartina alterniflora* podem gerar sistemas eficientes de biorremediação. Mas há urgente necessidade de adequação do sistema de esgotamento dos bairros, e melhoria no tratamento dos efluentes.

A combinação de sistemas de biorremediação têm oferecido maiores possibilidades de manutenção e restauração de ambientes afetados pelos efluentes. Estas estratégias vêm ao encontro dos objetivos da Década da Restauração (2021 – 2030) proclamada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2019, bem

como na mitigação do impacto gerado pela ruptura da LEI na Lagoa da Conceição. Após um tempo, a qualidade das águas da Lagoa da Conceição poderá possuir menor carga de nutrientes, mitigando processos de eutrofização e anoxia. Além disso, em um sistema inclusivo e participativo, com a criação de um memorial ecológico que resgate as culturas e histórias carregadas pela lama e que lembre aos tomadores de decisão sobre a necessidade de manter-se atento às vozes da população e aos princípios da precaução e prevenção, é possível mitigar o ocorrido. Portanto, acreditamos na restauração ambiental da Lagoa da Conceição a partir de intervenções planejadas, respeitando as premissas da participação dos atores sociais locais, da preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que estão se estabelecendo no local.

Finalmente, deixamos duas reflexões:

1- Se mantermos tudo como está, quanto tempo a nossa Lagoa da Conceição ainda tem?



2- Qual a Lagoa que queremos para nossos descendentes?



Figuras 15 e 16. Escoamento de água no baixo após nivelamento e solução baseada na natureza: projeção da criação de um eco-memorial, com vegetação própria para a biorremediação e típica da Lagoa da Conceição (Fonte: PES).

Florianópolis, 25 de novembro de 2021.

Assinam essa nota pesquisadoras e pesquisadores das seguintes instâncias, instituição e pessoas físicas:

- Ecoando sustentabilidade;
- Laboratório de Ficologia – LAFIC (paulo.horta@ufsc.br; rorig@gmail.com);
- Laboratório de Oceanografia Química e Biogeoquímica Marinha – LOQUI (alessandra.larissa@ufsc.br)
- Laboratório de Biodiversidade e Conservação Marinha – LBCM (paulo.pagliosa@ufsc.br);
- Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR);
- Veleiro Eco.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahrens, J.B., Borda, E., Barroso, R., Paiva, P.C., Campbell, A.M., Wolf, A., Nugues, M.M., Rouse, G.W., Schulze, A., 2013. The curious case of *Hermodice carunculata* (Annelida: Amphinomidae): Evidence for genetic homogeneity throughout the Atlantic Ocean and adjacent basins. *Mol. Ecol.* 22, 2280–2291. <https://doi.org/10.1111/mec.12263>
- Andrade, R.C. de, 2001. Estudo da circulação hidrodinâmica da Lagoa da Conceição - SC. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Armitage, P.D., Pinder, L.C., Cranston, P.S., 2012. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Springer Science & Business Media.
- Barros, T.L., Klein, R.D., Sandrini-Neto, L., Bianchini, A., Martins, C.C., Lana, P., 2018. Testing biomarker feasibility: a case study of *Laeonereis culveri* (Nereididae, Annelida) exposed to sewage contamination in a subtropical estuary. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 24181–24191. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2470-8>
- Basumatary, B., Saikia, R., Bordoloi, S., 2012. Phytoremediation of crude oil contaminated soil using nut grass, *Cyperus rotundus*. *J. Environ. Biol.* 33, 891.
- Boggs Jr, S., 2014. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Pearson Education.
- Brasil, 2012. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. BRASÍLIA.
- Breaux, N., Lebreton, B., Palmer, T.A., Guillou, G., Beseres Pollack, J., 2019. Ecosystem resilience following salinity change in a hypersaline estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 225, 106258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106258>
- Burton, M.B., Martinson, M.M., Barr, K.D., 1988. Bioremediation of contaminated soil and water, in: *Biotech USA. 5th Ann. Indust. Conf.*, Nov. pp. 14–16.
- Chandra, R., Yadav, S., 2011. Phytoremediation of Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Pb and Zn

from aqueous solution using phragmites cummunis, typha angustifolia and cyperus esculentus. Int. J. Phytoremediation 13, 580–591.

Checon, H.H., Corte, G.N., Silva, C.F., Bicego, M.C., Amaral, A.C.Z., 2021. Using the Capitella complex to investigate the effects of sympatric cryptic species distinction on ecological and monitoring studies in coastal areas. Mar. Biodivers. 51. <https://doi.org/10.1007/s12526-021-01185-w>

CONAMA, 1999. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e dos estágios sucessionais secundários da vegetação de Restinga na Mata Atlântica e dá outras providências. Brasília.

Dauer, D.M., 1984. High resilience to disturbance of an estuarine polychaete community. Bull. Mar. Sci. 34, 170–174.

Decezaro, S.T., Wolff, D.B., Araújo, R.K. de, Carvalho Júnior, O. de, Sezerino, P.H., 2021. Potencial de nitrificação/desnitrificação de tanque séptico e wetland construído com recirculação no tratamento descentralizado de esgoto de empreendimento habitacional. Eng. Sanit. e Ambient. 26, 721–730. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200068>

Dineshkumar, M., Sivalingam, A., Thirumarimurugan, M., 2019. Phytoremediation potential of Bacopa monnieri in the removal of heavy metals. J. Environ. Biol. 40, 753–757. [https://doi.org/10.22438/jeb/40/4\(SI\)/JEB_11](https://doi.org/10.22438/jeb/40/4(SI)/JEB_11)

Dore, B., Guardabassi, A., Gozzarino, S., 1975. Morphological and growth alterations in Xenopus laevis larvae and young specimens reared on Tubifex worms, Daphnias and mammalian liver. Ital. J. Zool. 42, 213–215.

Dussault, E.V.B., Balakrishnan, V.K., Sverko, E., Solomon, K.R., Sibley, P.K., 2008. Toxicity of human pharmaceuticals and personal care products to benthic invertebrates 27, 425–432. <https://doi.org/10.1897/07-354R.1>.

Faria, L.R. de, 2019. A urbanização influencia no processo de colonização de assembleias de Chironomidae?

- Fiori, S.M., Emilia Bravo, M., Elías, R., Serra, A. V., Cecilia Carcedo, M., Dos Santos, E.P., Botté, S.E., 2020. Effects of sewage effluent on the subtidal macrobenthic assemblage in an urban estuary of Argentina. *Ecol. Austral* 30, 134–145. <https://doi.org/10.25260/ea.20.30.1.0.954>
- FLORAM, 2021a. Prefeitura identifica vazamento de rede de esgoto na Lagoa da Conceição [WWW Document]. <https://doi.org/https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?pagina=notapagina¬i=22361>
- FLORAM, 2021b. Autorização Ambiental N° 065/2021-DILIC.
- FLORAM, 2021c. Parecer Técnico N° 543/2021-DILIC.
- Förstner, U., 2004. Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: An interdisciplinary approach. *Lakes Reserv. Res. Manag.* 9, 25–40. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2004.00231.x>
- Galasso, H.L., Lefebvre, S., Aliaume, C., Sadoul, B., Callier, M.D., 2020. Using the Dynamic Energy Budget theory to evaluate the bioremediation potential of the polychaete *Hediste diversicolor* in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Ecol. Modell.* 437, 109296. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109296>
- Garrison, T.S., 2014. *Essentials of oceanography*. Cengage Learning.
- Geracitano, L., Monserrat, J.M., Bianchini, A., 2002. Physiological and antioxidant enzyme responses to acute and chronic exposure of *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae) to copper. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 277, 145–156. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00306-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00306-4)
- Godoy, F.B., 2009. Modelagem hidrológico-hidrodinâmica da Lagoa da Conceição-SC. Florianópolis, SC.
- Godoy, F.B., Franco, D., Mário, H.F. de S., 2008. O canal da Barra da Lagoa –

Florianópolis, SC – um filtro de maré natural. III Semin. e Work. em Eng. Oceânica 1–12.

Goulart, M.D., Callisto, M., 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Rev. da FAPAM 2, 156–164.

Hamada, N., Nessimian, J.L., Querino, R.B., 2014. Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia, Inpa.

Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Reflora - Flora do Brasil 2020 - Algas, Fungos e Plantas [WWW Document]. URL <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/> (accessed 11.2.21).

Ito, M., Ito, K., Ohta, K., Hano, T., Onduka, T., Mochida, K., Fujii, K., 2016. Evaluation of bioremediation potential of three benthic annelids in organically polluted marine sediment. Chemosphere 163, 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.046>

Jerónimo, D., Lillebø, A.I., Cremades, J., Cartaxana, P., Calado, R., 2021. Recovering wasted nutrients from shrimp farming through the combined culture of polychaetes and halophytes. Sci. Rep. 11, 6587. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85922-y>

Jha, A.N., Hutchinson, T.H., Mackay, J.M., Elliott, B.M., Dixons, D.R., 1997. Evaluation of the genotoxicity of municipal sewage effluent using the marine worm *Platynereis dumerilii* (Polychaeta: Nereidae). Mutat. Res. - Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 391, 179–188. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(97\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(97)00070-3)

Johnson, R.K., Wiederholm, T., Rosenberg, D.M., 1993. Freshwater Biomonitoring Using Individual Organisms, Populations, and Species Assemblages of Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall.

Kinoshita, K., Tamaki, S., Yoshioka, M., Srithonguthai, S., Kunihiro, T., Hama, D., Ohwada, K., Tsutsumi, H., 2008. Bioremediation of organically enriched

- sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a deposit-feeding polychaete *Capitella* sp. I. Fish. Sci. 74, 77–87. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01498.x>
- Lana, P.C., 1986. Macrofauna benthica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá. Nerítica 1, 79–89.
- Leão, J.C., Geracitano, L.A., Monserrat, J.M., Amado, L.L., Yunes, J.S., 2008. Microcystin-induced oxidative stress in *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae). Mar. Environ. Res. 66, 92–94. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2008.02.033>
- Lerberg, S.B., Holland, A.F., Sanger, D.M., 2000. Responses of tidal creek macrobenthic communities to the effects of watershed development. Estuaries 23, 838–853. [https://doi.org/Doi 10.2307/1353001](https://doi.org/Doi%2010.2307/1353001)
- Llanos, E.N., Saracho Bottero, M.A., Jaubet, M.L., Garaffo, G.V., Hines, E., Cuello, G.V., Elías, R., 2021. The boom-bust dynamic of the invader *Boccardia proboscidea* mediated by sewage discharge: The response of the intertidal epilithic community in the Southwest Atlantic. Mar. Pollut. Bull. 164, 112045. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112045>
- Maia, N.B., Martos, H.L., Barrella, W., Bollmann, H.A., Biológicas, P.U.C. de S.P.F. de C., 2001. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. Educ.
- Marques, M.M., Barbosa, F.A., Callisto, M., 1999. Distribution and abundance of chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil. Rev. Bras. Biol. 59, 553–561. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000400004>
- Martins, H.V., Marinho, E.R., Barbosa, I.C. da C., Modesto, L.J.M., Sodré, S.D.S.V., 2020. Avaliação da Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Pará: Uma Proposta Metodológica à Outorga de Diluição de Lançamento de Efluentes – Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paracuri em Belém do Pará. Rev. Bras. Geogr. Física 13, 2433. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2433-2446>

- Menezes, M.Â. de B.C., Falnoga, I., Šlejkovec, Z., Jaćimović, R., Couto, N., Deschamps, E., Faganeli, J., 2020. Arsenic in Sediments, Soil and Plants in a Remediated Area of the Iron Quadrangle, Brazil, and its Accumulation and Biotransformation in *Eleocharis geniculata*. *Acta Chim. Slov.* 67, 985–991. <https://doi.org/10.17344/acsi.2019.5760>
- Morais, S.S., Molozzi, J., Viana, A.L., Viana, T.H., Callisto, M., 2010. Diversity of larvae of littoral chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian J. Biol.* 70, 995–1004. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842010000500011>
- Mufarrege, M.D.L.M., Di Luca, G.A., Hadad, H.R., Maine, M.A., 2021. Exposure of *Typha domingensis* to high concentrations of multi-metal and nutrient solutions: Study of tolerance and removal efficiency. *Ecol. Eng.* 159, 106118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106118>
- Neves, R.A.F., Echeverría, C.A., Pessoa, L.A., 2011. Resposta Da Espécie *Heleobia Australis* (Gastropoda: Hydrobiidae) A Variações De Salinidade E Exposição A Hidrocarbonetos Fecal Contamination Of Urban Beachs Of Rio De Janeiro View Project Effects Of Toxic Epibenthic Dinoflagellates On Marine Organisms *Vie. Bol. Do Laboratório Hidrobiol.* 1, 19–25.
- Nogueira, A.F., Nunes, B., 2021. Effects of paracetamol on the polychaete *Hediste diversicolor*: occurrence of oxidative stress , cyclooxygenase inhibition and behavioural alterations.
- Palmer, P.J., 2010. Polychaete-assisted sand filters. *Aquaculture* 306, 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.011>
- Pearson, T.H., Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic Succession in relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311. *Oceanogr. Mar. Biol. An Annu. Rev.* 16, 229–311.
- PES 5, 2021a. A presente nota técnica do Programa de Extensão Ecoando

Sustentabilidade da UFSC trata da ocorrência de metais em peixes da Lagoa da Conceição. A. Florianópolis.

PES 3, 2021b. Mortandade de organismos e cheiro de água podre na Lagoa da Conceição.

<https://doi.org/https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/02/nota-t%C3%A9cnica-completa.pdf>

PES 4, 2021c. Descoloração da água e estratégias de recuperação da Lagoa da Conceição.

Prata, E.G., 2021. Avaliação da remoção de matéria orgânica por microorganismos em sistemas de tratamento de esgoto, in: Soroka, V.D., Martins Júnior, A.C. de O., Barroso Júnior, J.C.A., Silva, M.C. de A., Monteggia, L.O., Hoyos, N.L.M. (Eds.), *Biologia: Ensino, Pesquisa e Extensão - Uma Abordagem Do Conhecimento Científico Nas Diferentes Esferas Do Saber*. Editora Científica Digital, Guarujá, pp. 57–67. <https://doi.org/10.37885/978-65-89826-18-7>

Prothero, D.R., Schwab, F., 2004. *Sedimentary geology*. Macmillan.

Quintana, R., Corral-Hernández, E., Lopez, S., 2018. Faunistic study of Chironomidae (Diptera, Nematocera) collected in the Wastewater Treatment Plant of Sestao (Biscay, Basque Autonomous Community) and surrounding areas.

Rao, D.G., Senthilkumar, R., Byrne, J.A., Feroz, S., 2012. *Wastewater treatment: advanced processes and technologies*. CRC Press.

Rech, K.C., 2011. Desenvolvimento da criação de larvas de *Chironomus* sp.(Diptera) e *Branchiura sowerbyi* (Annelida) para alimentação de peixes de água doce.

Redondo, P.N., Dosta, C.M., Jarero, J.R., 2008. Evaluación de la calidad bacteriológica del alimento vivo (*Artemia*, *Daphnia*, *Tenebrio* y *Tubifex*) para peces en los sitios de su recolección, producción y venta. *Vet. México* 39, 255–268.

- Ricklefs, R.E., 1996. A economia da natureza, in: A Economia Da Natureza. p. 470.
- Santos, J.G. dos, 2016. Observações Da Maré Ao Redor Da Ilha De Santa Catarina. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Silva, P. de S.R. da, 2004. Influência de Diferentes Escalas de Perturbação Física no Sedimento Sobre a Macrofauna Bêntica da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina – SC. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Silva, V.E.C., 2016. Análise espaço temporal do estado trófico de uma laguna costeira subtropical: Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina.
- Snedden, G.A., Cable, J.E., Kjerfve, B., 2012. Estuarine Geomorphology and Coastal Hydrology. Estuar. Ecol. 19–38.
<https://doi.org/10.1002/9781118412787.ch2>
- SNUC-SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 2000. Lei Federal n. 9.985/2000. BRASILIA.
- Soriano-sierra, E.J., Larissa, A., Fonseca, D.O., Peixes, V.E., 2004. Guia de Campo: Vegetação e Peixes das lagoas costeiras de Santa Catarina.
- Souza, R.S. de, 2004. Variação Espaço-Temporal das Associações Bênticas Macrofaunais da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sperling, M. von, 2016. Urban wastewater treatment in Brazil Urban wastewater treatment in Brazil 1–102.
- Suchkova, N., Tsiripidis, I., Alifragkis, D., Ganoulis, J., Darakas, E., Sawidis, T., 2014. Assessment of phytoremediation potential of native plants during the reclamation of an area affected by sewage sludge. Ecol. Eng. 69, 160–169.
- Teive, L.F., 2013. A influência de fatores locais e regionais na dinâmica de estruturação de metacomunidades bênticas de sistemas costeiros do sul do Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina.

- Tsutsumi, H., Montani, S., Kobe, H., 2002. Bioremediation of organic matter loaded on the sediment in outdoor pools with a polychaete, *Capitella* sp. 1. *Fish. Sci.* 68, 613–616. https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1_613
- United Nations Environment Programme, 2021. *Becoming #GenerationRestoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate.* Nairobi. <https://doi.org/20.500.11822/36251/ERPNC>
- Van Diggelen, A.D., Montagna, P.A., 2016. Is salinity variability a benthic disturbance in estuaries? *Estuaries and Coasts* 39, 967–980. <https://doi.org/10.1007/s12237-015-0058-9>
- van Tussenbroek, B., Monroy-Velazquez, L., Solis-Weiss, V., 2012. Meso-fauna foraging on seagrass pollen may serve in marine zoophilous pollination. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 469, 1–6. <https://doi.org/10.3354/meps10072>
- Van Zyl, H.D., 1900. Ex-situ bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using the biopile technique.
- Vaz, M.C., 2008. *Lagoa da Conceição: a metamorfose de uma paisagem.* 2008. Florianópolis, SC.
- Von Bertrab, M.G., Krein, A., Stendera, S., Thielen, F., Hering, D., 2013. Is fine sediment deposition a main driver for the composition of benthic macroinvertebrate assemblages? *Ecol. Indic.* 24, 589–598. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.001>
- Von Sperling, M., 2015. Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. *Water Intell. Online* 6, 9781780402086–9781780402086. <https://doi.org/10.2166/9781780402086>
- Walker, S.D., 2012. Environmental risk assessment and human pharmaceuticals: limitations and future improvements. University of Westminster for.
- Wilson, J.G., Fleeger, J.W., 2012. Estuarine Benthos, in: *Estuarine Ecology.* John

Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, pp. 303–325.
<https://doi.org/10.1002/9781118412787.ch12>

Woodin, S.A., Wethey, D.S., Olabarria, C., Vázquez, E., Domínguez, R., Macho, G., Peteiro, L., 2020. Behavioral responses of three venerid bivalves to fluctuating salinity stress. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 522, 151256.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151256>

Zulkosky, A.M., Ferguson, P.L., Mcelroy, A.E., 2002. Effects of sewage-impacted sediment on reproduction in the benthic crustacean *Leptocheirus plumulosus* 54, 615–619. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(02\)00200-3](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(02)00200-3)