

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Uma proposta para aplicação de dados de geoquímica orgânica como indicadores de sustentabilidade e vulnerabilidade ambiental frente às mudanças climáticas

Marina Reback Garcia.
Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar,
Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil.
Email: marinareback@gmail.com

César C. Martins.
Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
Email: ccmart@usp.br

Resumo

Os índices de sustentabilidade e de vulnerabilidade climática são fundamentais na gestão e tomada de decisão estratégica. Uma síntese de informações deve ser fornecida, seguindo uma hierarquia, onde informações de indicadores específicos são traduzidos em índices. Os métodos de compilação e dados de entrada podem ser aprimorados e adaptados. Recentemente, os índices têm abarcado dados de qualidade da água visando o diagnóstico ambiental para áreas urbanas. Este artigo tem como objetivo propor a aplicação de um marcador geoquímico molecular muito estudado nos sedimentos (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs) como indicador em uma área costeira. Para isso, foram compilados os dados publicados de 16 compostos prioritários deste grupo, para relacioná-los com variações ambientais, especificamente a pluviosidade. Os resultados mostraram uma nítida relação dos níveis de HPAs com a precipitação. Aliado a isso, há uma tendência no aumento do volume de precipitação na área avaliada ao longo do último século e um maior aporte de HPAs pelas atividades humanas. A aplicação desse dado como indicador se mostrou bastante promissora, tendo em vista a relação da precipitação com as alterações ambientais e da concentração de HPAs com a ocupação humana, resultando em ampla disponibilidade das informações para a comunidade científica.

Palavras-chave: poluição ambiental, marcador geoquímico, zona costeira.

1. Introdução

Os índices de sustentabilidade e de vulnerabilidade climática são fundamentais na gestão e tomada de decisão estratégica. No processo de elaboração dos índices ocorre uma forma de “síntese” de informações seguindo uma hierarquia. Dessa forma, as informações trazidas por indicadores específicos de cada área do conhecimento são “traduzidas” em índices, que podem ser compreendidos de forma ágil pelos tomadores de decisão e pela opinião pública.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Dependendo da finalidade dos índices, os métodos de compilação e dados de entrada podem ser aprimorados e adaptados à realidade regional ou local. Recentemente, os índices têm abarcado dados de qualidade da água visando o diagnóstico ambiental para áreas urbanas, mas para áreas costeiras, até onde vai o nosso conhecimento, os índices ainda não incorporaram essas informações.

Portanto, este artigo tem como objetivo propor a aplicação de um parâmetro geoquímico de origem molecular como indicador de sustentabilidade e vulnerabilidade em um estuário semi-urbanizado na região Sul do Brasil (Baía de Paranaguá, PR). O parâmetro avaliado foi a soma dos 16 HPAs prioritários segundo a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA) ou $\Sigma 16$ HPAs.

Os dados de $\Sigma 16$ HPAs estão amplamente disponíveis na literatura científica, principalmente para os sedimentos costeiros e marinhos, local em que há maior acúmulo desses compostos devido à sua natureza hidrofóbica (são pouco solúveis em água). São compostos muito estudados como poluentes tendo em vista os seus aspectos toxicológicos (carcinogênicos e mutagênicos). Portanto, podem fornecer informações estratégicas para a avaliação da qualidade ambiental com reflexos diretos sobre a sustentabilidade e vulnerabilidade às mudanças climáticas.

2. Fundamentação teórica

A geoquímica orgânica ambiental dedica-se à investigação de moléculas orgânicas chamadas marcadores moleculares, sendo associados a sinais registrados na geosfera. São encontrados principalmente em sedimentos recentes, mas também em bacias sedimentares antigas, sendo amplamente aplicado em estudos para exploração de reservas de petróleo e prospecção de gás natural¹, origem da vida na Terra² e busca de vida em outros planetas³.

Os marcadores moleculares podem fornecer informações importantes sobre as mudanças ambientais rápidas e por vezes dramáticas que enfrentamos no Antropoceno⁴. Em estudos recentes, a composição orgânica dos sedimentos, determinada em testemunhos obtidos em zonas costeiras, de fato reflete os efeitos das atividades humanas. Em outras palavras, os sedimentos podem registrar as condições ambientais ao longo do tempo; refletindo em suas camadas deposicionais as mudanças ocorridas no ambiente aquático e no seu entorno^{4,5,6}.

As atividades antropogênicas deixam registros notáveis na composição orgânica de testemunhos de sedimentos, amplamente relatados na literatura científica. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs) são apontados como sendo os contaminantes orgânicos com mais estudos nesse sentido⁷. Através desse grupo de compostos, é possível acompanhar ao longo do tempo os registros do uso do carvão durante a revolução industrial, além do início do uso do petróleo como principal fonte de energia. Em outro estudo⁸, o benzo[*a*]pireno foi aplicado como traçador do Antropoceno, como um dos HPAs mais representativos. Apesar dos HPAs não serem compostos sintéticos e poderem ter fontes naturais, tornaram-se globalmente distribuídos

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

no ambiente devido às atividades humanas, que contribuem com mais de metade das emissões globais anuais de HPAs⁹.

Apesar da importância dos HPAs como agentes de poluição ambiental e de todos os dados que foram gerados por estudos científicos, essas informações ainda não foram incorporadas pelos índices de sustentabilidade e de vulnerabilidade. Por exemplo, os indicadores de alterações climáticas oceânicas têm sido discutidos na literatura em termos de parâmetros físicos e biológicos^{10,11}. De fato, os índices estão continuamente sujeitos a revisões e adaptações, e alguns estudos têm considerado a qualidade da água^{12,13} ou, num sentido mais amplo, a qualidade ambiental com parâmetros de qualidade da água^{14,15}. Porém, esses estudos têm sido realizados especificamente em corpos d'água localizados em ambientes urbanos.

3. Metodologia

Como forma de avaliar o comportamento do parâmetro em relação às condições ambientais, foram compiladas as informações em estudos publicados em periódicos indexados e revisados por pares, a fim de relacioná-lo com as variações ambientais, especificamente o volume de precipitação.

2.1. Revisão de literatura

Os artigos publicados sobre área de estudo reportando os 16 HPAs prioritários segundo a EPA (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benz(*a*)antraceno, criseno, benzo(*b*)fluoranteno, benzo(*k*)fluoranteno, benzo(*a*)pireno, indeno(1,2,3-*c,d*)pireno, dibenz(*a,h*)antraceno, benzo(*g,h,i*)perileno) foram obtidos em bases de literatura científica, onde foram compilados 17 artigos sobre HPAs em sedimentos do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP)¹⁶⁻³².

2.2. Dados de precipitação

As informações sobre precipitação (dados totais anuais, em mm) foram obtidas no Sistema de Informações Hidrológicas - SIH do Instituto das Águas do Paraná e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

2.3. Área de estudo

O CEP (Fig. 1) está localizado no litoral do Estado do Paraná, Sul do Brasil (48°25'W, 25°30'S), e pode ser dividido em duas porções principais: Eixo Leste-Oeste (Baías de Paranaguá e de Antonina) e eixo Norte-Sul (Baías de Laranjeiras e de Pinheiros)³³. É cercado por vegetação de Mata Atlântica, um dos *hotspots* de biodiversidade do mundo, próximo à maior área preservada contínua desse bioma^{34,35}.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

O eixo Leste-Oeste é o mais afetado pelas atividades humanas. Possui cerca de 450 km² de área de água superficial e 46 km de comprimento por 10 km de largura máxima, com aproximadamente três dias de residência na água^{33,36,37}. As principais contribuições do escoamento terrestre são os rios Cachoeira e Nhundiaquara, como fluxos mais intensos durante o verão³⁸.

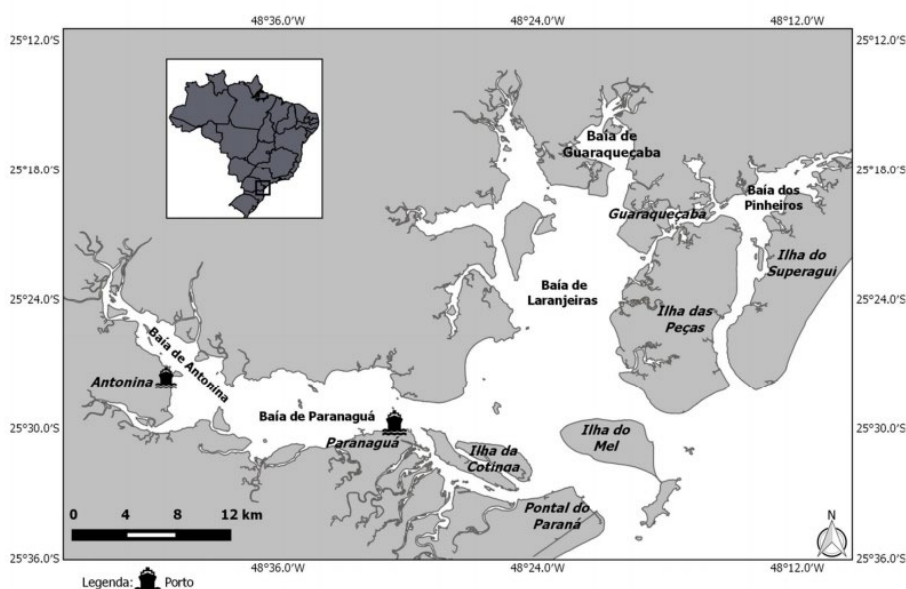


Fig. 1. Complexo Estuarino de Paranaguá. Fonte: Cardoso *et al.* (2016).

4. Resultados

3.1. Variações de $\Sigma 16\text{HPAs}$ e de precipitação em escala de tempo decadal (testemunhos de sedimentos)

As alturas de precipitação na área de estudo mostram uma tendência de aumento nas últimas décadas (Fig. 2). Além disso, percebe-se que a frequência de anos com grandes volumes de chuva (>2.500 mm), especialmente em Antonina, também vêm aumentando. As concentrações de $\Sigma 16\text{HPAs}$ mostram uma tendência semelhante, conforme relatado em Martins *et al.* (2015)²⁸ com concentração máxima na seção superior do testemunho sedimentar, que correspondia à deposição recente no momento da coleta (2014).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

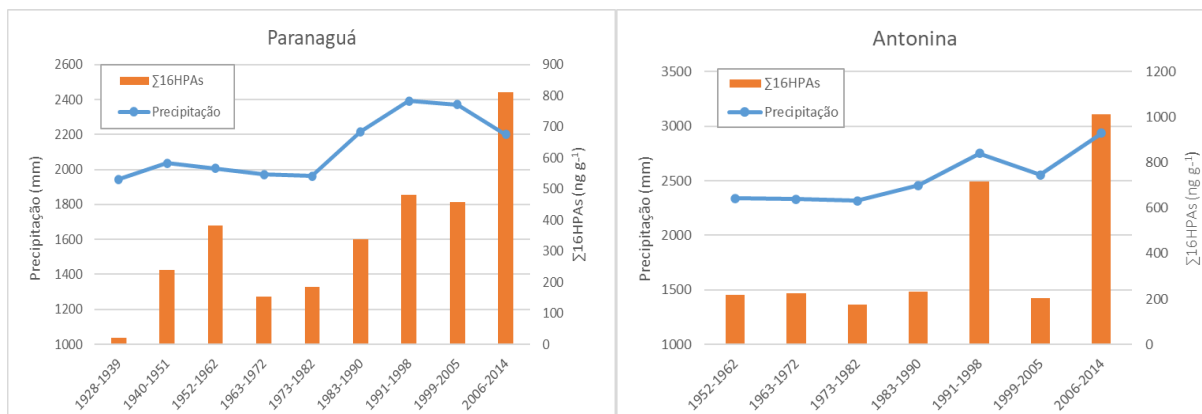


Fig. 2. Precipitação (linhas) e $\Sigma 16\text{HPAs}$ (barras) nas camadas dos testemunhos analisados por Martins et al. (2015).

As variáveis analisadas apresentam correlação relevante, com o $\Sigma 16\text{HPAs}$ aumentando nas décadas com maiores volumes de precipitação ($p=0,645$; $n=17$; $p<0,05$). É possível que isso seja o resultado da intensificação dos processos de carreamento superficial e atmosférico nos períodos chuvosos, contribuindo para uma deposição mais rápida dos HPAs, diminuindo os processos de dispersão e a degradação pela luz solar³⁹.

É possível perceber que nos dois testemunhos houve um aumento acentuado de $\Sigma 16\text{HPAs}$ no topo, provavelmente como influência do aumento da população e das atividades econômicas no entorno⁴. Além disso, em Paranaguá a precipitação apresentou uma tendência de queda durante o período, de modo que a correlação entre os dois parâmetros avaliados não pode ser considerada significativa para $p<0,05$ ($p=0,665$; $n=9$; $p<0,0504$). Porém, durante o período anterior, se excluído o topo do testemunho, a correlação se mantém significativa ($p=0,844$; $n=8$; $p<0,05$). Para Antonina, a correlação se manteve significativa para todo o período ($p=0,936$; $n=7$; $p<0,005$) mesmo diante do aumento verificado no topo do testemunho.

Os dados de precipitação e $\Sigma 16\text{HPAs}$ plotados em um gráfico de dispersão (Fig. 3) permitem verificar o incremento do aporte desses compostos na Baía de Paranaguá ao longo do tempo. A porção superior do topo do testemunho de Paranaguá aparece afastado da linha da regressão (ponto em vermelho bem acima da linha). Por outro lado, para a Baía de Antonina as concentrações de HPAs seguem a mesma tendência ao longo de todo o testemunho.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

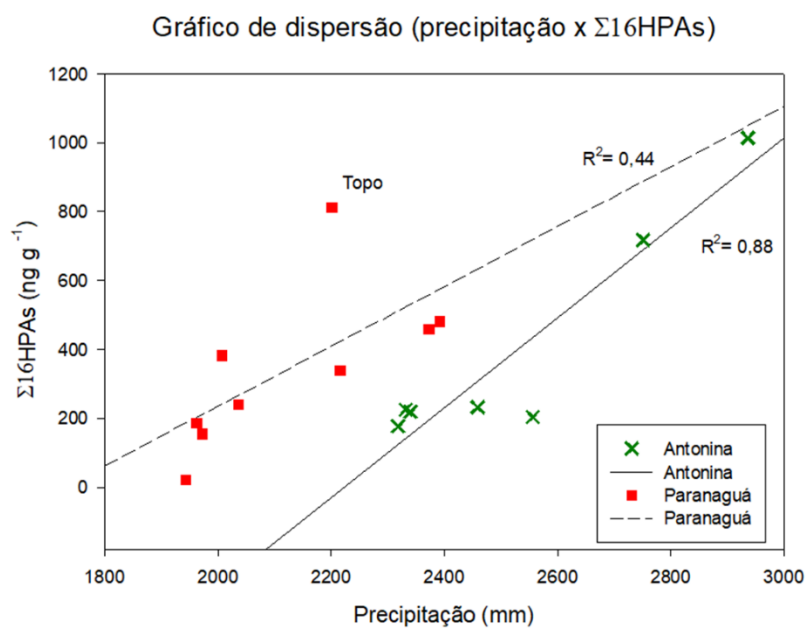


Fig. 3. Concentrações de $\Sigma 16\text{HPAs}$, em ng g^{-1} , nas camadas dos testemunhos vs alturas de precipitação média, em mm, no período correspondente correlação linear entre os parâmetros

3.1.2. Variações de $\Sigma 16\text{HPAs}$ e de precipitação em escala de tempo anual (sedimento superficial)

Para sedimentos superficiais, foi possível reunir dados de 205 pontos de coleta, distribuídos em torno de uma década (2006-2017) com estudos realizados especificamente em 8 anos (Fig. 4). Os valores da $\Sigma 16\text{HPAs}$ variaram de <LD (abaixo do limite de detecção) a $406,8 \text{ ng g}^{-1}$ com o maior valor registrado em 2009²².

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

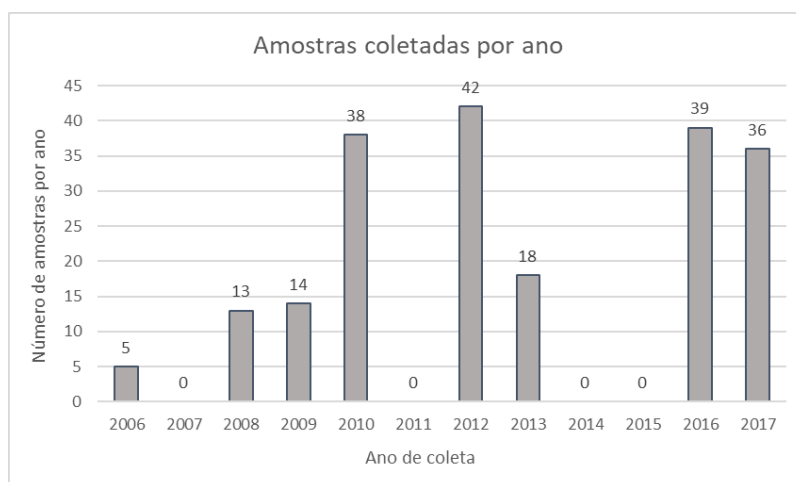


Fig. 4. Número de resultados levantados para amostras de sedimento por ano

A distribuição da concentração média de $\Sigma 16\text{HPAs}$ por ano está apresentada na Fig. 5, de forma ilustrativa (por exemplo, em 2013 apenas foram amostradas áreas preservadas, resultando em uma média mais baixa). Contudo, é possível notar que em 2008 e 2009 foram registradas médias anuais mais elevadas de HPAs (em torno de 80 ng g^{-1}). A precipitação anual do ano de 2008 também apresentou valores relativamente altos (quase 3.000 mm). Além disso, o ano de 2011 teve um evento extremo de precipitação que deve influenciar os resultados compilados para 2012, uma vez que este tipo de evento pode ter elevado potencial de transporte de sedimentos⁴⁰. Assim, outros parâmetros hidrológicos, além da média de precipitação anual podem influenciar nos aportes de HPAs, e a intensidade da precipitação pode ser um deles.

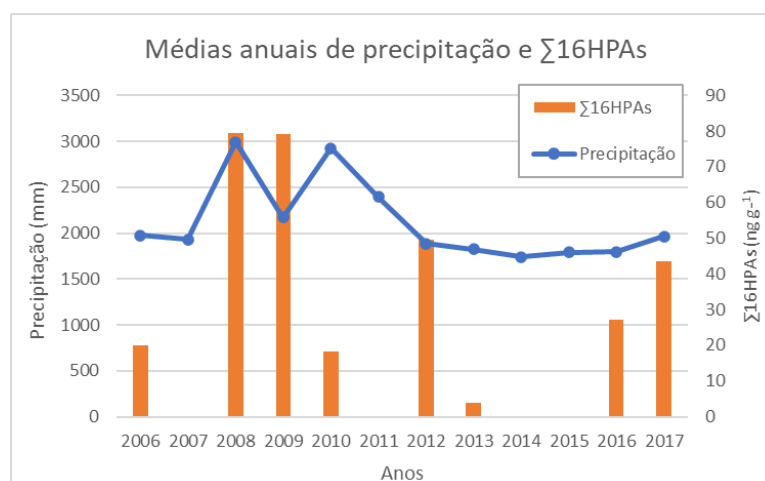


Fig. 5. Dados anuais (médias) de precipitação (linha) e $\Sigma 16\text{HPAs}$ (barras) nos sedimentos superficiais

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

5. Conclusões

Os índices de sustentabilidade em geral não consideram parâmetros de qualidade dos sedimentos. Há muita informação gerada por cientistas que não está acessível às partes interessadas (*stakeholders*). Com esse propósito, realizamos este levantamento, demonstrando que os HPAs em áreas costeiras tais como o Complexo Estuarino de Paranaguá podem ser um parâmetro confiável para compor índices de sustentabilidade, devido aos seus efeitos tóxicos para os organismos⁴¹. Além dos aportes em si, é um parâmetro que apresentou correlação direta com a precipitação, sendo criticamente influenciado por ela. Portanto, é fundamental para o monitoramento ambiental, sendo frequentemente determinado em estudos ambientais, e pode contribuir muito para a compreensão sobre a sustentabilidade e vulnerabilidade às mudanças climáticas. Além desses dados, merecem também ser investigados compostos como esteróis, *n*-alcanos, poluentes (organoclorados e emergentes) e parâmetros elementares (carbono orgânico total, nitrogênio total) e isótopos estáveis de carbono e nitrogênio. Ao longo do último século, a tendência no aumento de precipitação na área avaliada, em conjunto com um maior aporte por meio das atividades humanas, mostra um cenário em que dados existentes na academia não merecem ser ignorados e podem contribuir para a sustentabilidade e prevenção de efeitos de mudanças climáticas.

6. Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pela bolsa de pós-doutorado no Projeto “Indicadores de Vulnerabilidade e Exposição aos Efeitos das Mudanças Climáticas em setores Estratégicos no Estado do Paraná” (Convênio UFPR PD&I 151/2021, n. 18.244.672-6 sob coordenação da Prof^a Yara Moretto).

7. Referências bibliográficas

- [1] Philp, P. et al. (2022). Re-arranged hopanes and novel re-arranged tricyclic terpanes in Paleozoic rock extracts and oils in the Anadarko Basin, Oklahoma. *Organic Geochemistry*, 173, 104493. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2022.104493
- [2] Alleon, J., & Summons, R.E. (2019). Organic geochemical approaches to understanding early life. *Free Radical Biology and Medicine*, 140, 103–112. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.03.005
- [3] Grotzinger, J.P. et al. (2014). A Habitable Fluvio-Lacustrine Environment at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars. *Science*, 343(6169), 1242777. DOI: 10.1126/science.1242777
- [4] Wilhelm, M.M., et al. (2023). Variability of sedimentary organic matter in subtropical estuarine systems due to anthropogenic and climatic events. *Environmental Earth Sciences* v. 82, p. 22. DOI: 10.1007/s12665-022-10704-2

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- [5] Sutilli, M., et al. (2019). Depositional input of hydrocarbons recorded in sedimentary cores from deception and Penguin Islands (South Shetland Archipelago, Antarctica). *Environmental Pollution*, v. 253, p. 981-991. DOI: 10.1016/J.ENVPOL.2019.07.057
- [6] Combi, T., et al. (2020). Historical sedimentary deposition and flux of PAHs, PCBs and DDTs in sediment cores from the western Adriatic Sea. *Chemosphere*, v. 241, 125029. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.125029
- [7] Vane, C.H., et al. (2011). Chemical signatures of the Anthropocene in the Clyde estuary, UK: sediment-hosted ^{207}Pb , ^{206}Pb , total petroleum hydrocarbon, polyaromatic hydrocarbon and polychlorinated biphenyl pollution records. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 369, n. 1938, p. 1085–1111. DOI:10.1098/rsta.2010.0298
- [8] Zeng, X.-M., et al. (2020). Is benzo[a]pyrene a reliable chemical indicator of social-economic development in China? *Journal of Cleaner Production*, Volume 269, 2020. DOI: j.jclepro.2020.122252.
- [9] Loganathan, B.G., & Lam, P.K.S., (Eds.). (2011). *Global contamination trends of persistent organic chemicals*. CRC Press. ISBN: 9781439838303.
- [10] Duncan, B., et al. (2019). Developing ocean climate change indicators for the north-central California coast and ocean. *Journal of Environmental Management*, v. 252, 109343. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109343.
- [11] Juza, M. & Tintore, J., (2021). Multivariate Sub-Regional Ocean Indicators in the Mediterranean Sea: From Event Detection to Climate Change Estimations. *Frontiers in Marine Science*, Sec. Ocean Observation. DOI: 10.3389/fmars.2021.61058
- [12] Shi, C., et al. (2004). Evaluation of coastal zone sustainability: an integrated approach applied in Shanghai Municipality and Chong Ming Island. *Journal of Environmental Management*, v. 71, n. 4, p. 335-344. DOI: 10.1016/j.jenvman.2004.03.009.
- [13] Juwana, I., et al. (2012). Indicator-based water sustainability assessment — A review. *Science of The Total Environment*, v. 438, 2012, p. 357-371. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.08.093.
- [14] Dizdaroglu, D. (2015) Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 54, p. 119-124. DOI: 10.1016/j.eiar.2015.06.004.
- [15] Vollmer, D., et al. (2016). Assessing the sustainability of freshwater systems: A critical review of composite indicators. *Ambio*. v. 45(7), p. 765-780. DOI: 10.1007/s13280-016-0792-7.
- [16] Abreu-Mota, M.A., et al. (2014). Sedimentary biomarkers along a contamination gradient in a human-impacted sub-estuary in Southern Brazil: A multi-parameter approach based on spatial and seasonal variability. *Chemosphere*, v. 103, p. 156–163. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.11.052.
- [17] Bet, R., et al. (2015). Sedimentary hydrocarbons and sterols in a South Atlantic estuarine/shallow continental shelf transitional environment under oil terminal and grain port influences. *Marine Pollution Bulletin*, v. 95, n. 1, p. 183–194. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.04.024.
- [18] Camargo, M.Z., et al. (2017). Effects of hydrocarbon pollution in the structure of macrobenthic assemblages from two large estuaries in Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 125, n. 1, p. 66–76. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.07.074.
- [19] Cardoso, F.D., et al. (2016). A critical and comparative appraisal of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and suspended particulate material from a large South American subtropical estuary. *Environmental Pollution*, v. 214, p. 219–229. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.04.011.
- [20] Choueri, R.B., et al. (2009). Development of site-specific sediment quality guidelines for North and South Atlantic littoral zones: comparison against national and international sediment quality benchmarks. *Journal of Hazardous Materials*, v. 170(1), p. 320-331. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.04.093.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- [21] Choueri, R.B. et al. (2009). Integrated sediment quality assessment in Paranaguá Estuarine System, Southern Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, n. 7, p. 1824–1831. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.12.005.
- [22] Froehner, S. (2010). Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments and their potential toxic effects. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 168(1-4), p. 205-213. DOI: 10.1007/s10661-009-1104-5.
- [23] Froehner, S., et al. (2011). Predicting Bioaccumulation of PAHs in the Trophic Chain in the Estuary Region of Paranaguá, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 174, n. 1, p. 135–145. DOI: 10.1007/s10661-010-1444-1.
- [24] Froehner, S., et al. (2018). PAHs in Water, Sediment and Biota in an Area with Port Activities. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 75(2), p. 236-246. DOI: 10.1007/s00244-018-0538-6.
- [25] Garcia, M.R., et al. (2019). Petroleum biomarkers as tracers of low-level chronic oil contamination of coastal environments: A systematic approach in a subtropical mangrove. *Environmental Pollution*, v. 249, p. 1060–1070. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.03.006.
- [26] Garcia, M. R., & Martins, C.C. (2021). A systematic evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons in South Atlantic subtropical mangrove wetlands under a coastal zone development scenario. *Journal of Environmental Management*, v. 277, 111421. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111421
- [27] Marques, J.A., et al. (2014). Antioxidant defense responses in *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) exposed to an experimental diesel oil spill in Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 107, p.269-75. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.06.001.
- [28] Martins, C.C., et al. (2015). Coupling spectroscopic and chromatographic techniques for evaluation of the depositional history of hydrocarbons in a subtropical estuary. *Environmental Pollution*, v. 205, p. 403–414. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.07.016.
- [29] Martins, C.C., et al. (2012). Multi-molecular markers and metals as tracers of organic matter inputs and contamination status from an Environmental Protection Area in the SW Atlantic (Laranjeiras Bay, Brazil). *Science of the Total Environment*, v. 417–418, p. 158–168. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.086.
- [30] Rizzi J., et al. (2017). Characterization of quality of sediments from Paranaguá Bay (Brazil) by combined in vitro bioassays and chemical analyses. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 36(7), p.1811-1819. DOI: 10.1002/etc.3553.
- [31] Sandrini-Neto, L., et al. (2016). Antioxidant responses in estuarine invertebrates exposed to repeated oil spills: Effects of frequency and dosage in a field manipulative experiment. *Aquatic Toxicology*, v. 177, p. 237-49. DOI: 10.1016/j.aquatox.2016.05.028.
- [32] Sardi, A.E., et al. (2017). Effects of an in-situ diesel oil spill on oxidative stress in the clam *Anomalocardia flexuosa*. *Environmental Pollution*, v. 230, p. 891-901. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.07.040.
- [33] Lana, P.C., et al. (2001). *The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil*. In: Seeliger U., Kjerfve B. (eds) Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 144. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-04482-7_11.
- [34] Myers, N., et al. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853–858. DOI: 10.1038/35002501.
- [35] Pierri, N., et al. (2006). A ocupação e o uso do solo no litoral paraense: condicionantes, conflitos e tendências. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 13, p. 137-167. DOI: 10.5380/dma.v13i0.9849.
- [36] Bigarella, J.J., (2001). Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology - Jubilee Volume (1946-2001)*, p. 65-110. DOI: 10.1590/S1516-89132001000500005.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- [37] Marone, E., et al. (2005). Land-ocean fluxes in the Paranaguá bay estuarine system, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 53, p. 169-181. Available at: <https://www.scielo.br/j/bjocce/a/MHMc-qnMF9XC3WpKvRM6mgcC/>
- [38] Mantovanelli, A., et al. (2004). Combined tidal velocity and duration asymmetries as a determinant of water transport and residual flow in Paranaguá Bay estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 59, p. 523–537. DOI: 10.1016/j.ecss.2003.09.001.
- [39] Dat N.-D., & Chang M.B. (2017). Review on characteristics of PAHs in atmosphere, anthropogenic sources and control technologies. *Science of the Total Environment*, v. 609, p. 682 – 693. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.204.
- [40] Amorim, A.C.B., et al. (2020). Eventos Extremos de Precipitação no Litoral do Paraná (Baía de Paranaguá). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35 (4), p. 563-575. DOI: 10.1590/0102-7786354040.
- [41] Honda, M., & Suzuki, N. (2020). Toxicities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons for Aquatic Animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17(4), p. 1363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041363>