

AValiação DO POTENCIAL TÓXICO DE AMOSTRAS DE SEDIMENTO DO LITORAL DO ESPÍRITO SANTO ATRAVÉS DO COPEPODE *Nitokra sp.*

Flávia Ianuxauskas Dechechi¹; Échily Sartori²; Jéssica Dutra Ferreira¹, Bráulio Cherene Vaz de Oliveira²; Carlos Eduardo de Rezende²; Cristiane dos Santos Vergilio¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Biológicas, Alto Universitário, s/n, Guararema 29500-000, Alegre - ES, Brasil. flaviadechechii@gmail.com, jessicadutra017@gmail.com, cristiane.vergilio@ufes.br

²Laboratório de Ciências Ambientais, Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes – RJ, Brasil, echilysartori1@gmail.com, brauliocherene@gmail.com, crezende@uenf.br

Resumo

A costa brasileira abriga um dos maiores conjuntos de praias arenosas do mundo e desempenha diversos serviços ambientais. O biomonitoramento na região costeira e marinha é fundamental para entender o estado atual e orientar futuras ações de conservação ambiental. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial de toxicidade aguda e crônica de amostras de sedimento do litoral do Espírito Santo utilizando através de ensaios ecotoxicológicos com *Nitokra sp.* e determinação de metais. As fêmeas ovadas de *Nitokra sp.* foram expostas por 10 dias às amostras de sedimento, seguido de contagem dos organismos adultos e da prole para avaliação da toxicidade. Apesar das concentrações de metais (Zn, Cu, Pb e Cr) nos sedimentos estarem dentro dos limites da legislação brasileira e de não serem observados efeitos tóxicos agudos, algumas amostras de sedimento do litoral capixaba possuíam potencial tóxico crônico. Esse efeito pode estar ocorrendo no ambiente natural e levar a consequências no equilíbrio da cadeia trófica aquática. Esse dado desperta a importância de futuros estudos em função da atividade de pesca e turística que ocorrem na região.

Palavras-chave: Derramamento de óleo. Ecotoxicologia. Ensaio de toxicidade. Toxicidade crônica e aguda. *Nitokra sp.*

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Ecologia.

Introdução

A costa brasileira se estende por aproximadamente 10.800 km e possui um dos maiores conjuntos de praias arenosas do mundo (Amaral et al., 2016). A região costeira abriga uma biota endêmica e diversificada e fornece numerosos bens e serviços essenciais às populações humanas. No entanto, essas regiões estão sob crescente pressão, dentre os impactos das alterações climáticas, exploração de recursos naturais, e efeitos resultantes das atividades humanas no ambiente terrestre e marinho, que impõe novos desafios para a conservação marinha (Amaral et al., 2016).

Além disso, em 2019, um grande desastre envolvendo o derramamento de petróleo atingiu cerca de 4.000 km de extensão de área litorânea nas regiões Sudeste e Nordeste. Devido às características físico-químicas, o petróleo encontrado se enquadra na categoria de óleo persistente (CETESB, 2001), e é considerado de difícil dissipação podendo permanecer no ambiente marinho durante décadas. Tal desastre desencadeou significativos danos à vida marinha e ao habitat de animais marinhos que são encontrados no litoral brasileiro onde os contaminantes presentes no sedimento podem ser liberados ao longo das décadas, podendo se acumular nos tecidos dos animais resultando causar um efeito em cadeia para os organismos consumidores (Buratini & Brandelli, 2006).

Com isso, estudos de biomonitoramento ambiental com foco na região costeira e marinha são relevantes para o conhecimento do estado atual, e podem direcionar ações futuras de conservação ambiental. Grande parte dos contaminantes presentes na água sofrem decantação para o sedimento

de fundo. Em função disso, o sedimento é uma matriz importante em estudos de biomonitoramento ambiental.

Particularmente, o litoral capixaba abrange mais de 400 km, com uma grande diversidade de praias que possuem um reconhecido potencial turístico. Ao longo desse litoral existem 15 municípios costeiros onde existe atividade pesqueira marinha (Teixeira et al., 2012). Com isso, um panorama sobre a situação da concentração dos poluentes e o potencial tóxico do sedimento da biota é relevante para futuras ações de conservação locais.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu por meio da Resolução 410 de 2011 a obrigatoriedade de ensaios toxicológicos para a avaliação de potenciais tóxicos aos recursos hídricos (CONAMA, 2011). A utilização do copepoda *Nitokra sp.* é de suma importância para os ensaios ecotoxicológicos, pois apresentam um ciclo de vida curto e uma alta sensibilidade a alterações no ambiente, a fim de abordar uma análise em torno da deterioração de ecossistemas aquáticos. Tais testes têm como objetivo a utilização do copepoda *Nitokra sp.* para identificação da contaminação aguda e crônica das áreas afetadas pelo óleo juntamente com monitoramento de áreas com potencial de contaminação, contribuindo para a conservação dos ecossistemas costeiros

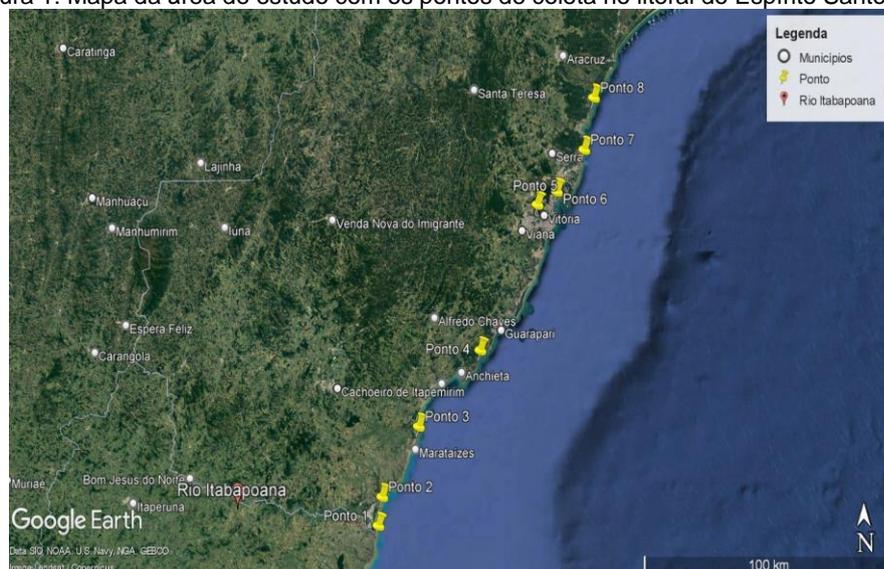
Metodologia

A coleta das amostras de sedimento foi realizada em novembro de 2019 (3 meses após os primeiros aparecimentos das manchas de óleo no litoral brasileiro) em 8 praias ao longo do litoral do Espírito Santo (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1. Descrição dos pontos de coleta das amostras de sedimento ao longo da costa do Espírito Santo.

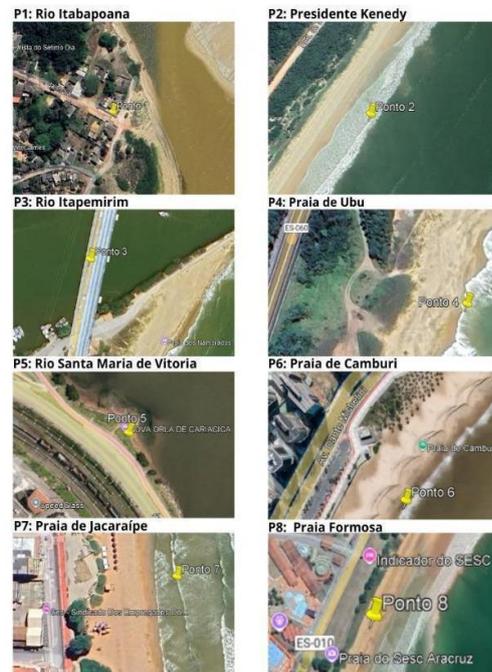
Ponto	Localização	Tipo	Latitude	Longitude
P1	Rio Itabapoana	Estuário	21°18'45.5"S	40°57'36.7"O
P2	Presidente Kennedy (Construção do porto)	Praia	21°13'23.61"S	40°56'43.36"O
P3	Rio Itapemirim	Estuário	21° 0'21.23"S	40°48'22.46"O
P4	Praia de Ubu (Represa Samarco)	Praia	20°46'15.90"S	40°34'28.69"O
P5	Rio Santa Maria de Vitória	Estuário	20°19'16.5"S	40°21'36.5"O
P6	Praia de Camburi	Praia	20°16'50.82"S	40°17'13.36"O
P7	Praia de Jacaraípe	Praia	20° 9'4.56"S	40°11'3.41"O
P8	Praia Formosa	Praia	19°59'22.89"S	40° 8'52.03"O

Figura 1: Mapa da área de estudo com os pontos de coleta no litoral do Espírito Santo -ES.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2: Imagens dos pontos de coleta do presente estudo no litoral do Espírito Santo (ES).



Fonte: Próprio autor.

Em cada um dos pontos de coleta foram realizadas a medição dos parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura. Os sedimentos foram coletados com auxílio de uma draga e em seguida acondicionados em sacos plásticos e conservados sob refrigeração a -20°C .

Os ensaios ecotoxicológicos para avaliação da toxicidade do sedimento foram realizados com o anfípoda marinho de acordo com a metodologia proposta pela ABNT NBR 15638:2016 (ABNT, 2016). Os organismos utilizados para o ensaio foram obtidos a partir do cultivo do Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Federal do Espírito Santo (LABTOX/UFES). O cultivo inicial do LABTOX/UFES foi obtido a partir de organismos cedidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

O ensaio consiste na exposição de fêmeas ovadas (retidos na peneira de $100\ \mu\text{m}$) de *Nitokra sp.* à amostra de sedimento por um período de dez dias. No dia anterior do ensaio, as amostras de sedimento foram homogeneizadas e transferidas para recipientes-teste com a altura de aproximadamente 0,5 cm de sedimento, seguido da adição de 15 mL de água de diluição (água do mar reconstituída com salinidade de 35), minimizando ao máximo a ressuspensão do sedimento. Os testes de toxicidade foram realizados em 10 réplicas por amostra, contendo 5 fêmeas ovadas por réplica para que seja possível avaliar a variabilidade entre os organismos testados. Após 24 horas, 5 organismos-teste foram transferidos para cada réplica e alimentados com solução de algas marinhas (1×10^5 células/mL), permanecendo durante os 10 dias de exposição. No final do ensaio, as amostras foram fixadas com formol tamponado 10 % com corante rosa de bengala. O sedimento foi peneirado em uma malha de $45\ \mu\text{m}$ para contagem do número de fêmeas, indivíduos adultos e náuplios e copepoditos após a exposição ao sedimento. Foram medidos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido) no início e no final do ensaio.

Resultados

As concentrações de metais no sedimento estavam dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 454/2012 (Tabela 2). O ponto na foz da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória (P5) que abastece a Região Metropolitana da Grande Vitória apresentou concentrações superiores em comparação aos outros pontos. As concentrações mais elevadas observadas nesse ponto podem ser

devido às emissões de efluentes que são liberados ao longo da bacia de drenagem e são liberados na foz, e ao longo do tempo se depositam no sedimento de fundo. O Rio Itapemirim (P3) também apresentou concentrações mais altas de metais em relação aos demais pontos, principalmente de Cobre (Cu) e (Pb). Em contrapartida, o ponto de Presidente Kennedy (P2) apresentou as concentrações mais baixas concentrações de metais, com valores inferiores ao limite de detecção do equipamento para Cu e Pb.

Tabela 2: Concentração dos metais dos pontos de coleta do litoral do Espírito Santo.

Ponto	Localização	Zn	Cu	Pb	Cr
P1	Rio Itabapoana	10,1	<0,004	1,6	7,6
P2	Presidente Kennedy	2,7	<0,004	<0,004	3,2
P3	Rio Itapemirim	7,6	3,9	3,7	5,4
P4	Praia de Ubu	10,8	1,9	<0,004	1,7
P5	Rio Santa Maria de Vitória	48,2	20,0	16,6	32,2
P6	Praia de Camburi	2,2	<0,004	<0,004	2,8
P7	Praia de Jacaraípe	4,3	<0,004	<0,004	8,4
P8	Praia Formosa	8,3	<0,004	<0,004	7,3
	CONAMA 454/2012 - Nível 1**	150,0	34,0	46,7	81,0
	CONAMA 454/2012 - Nível 2**	410,0	270,0	218,0	370,0

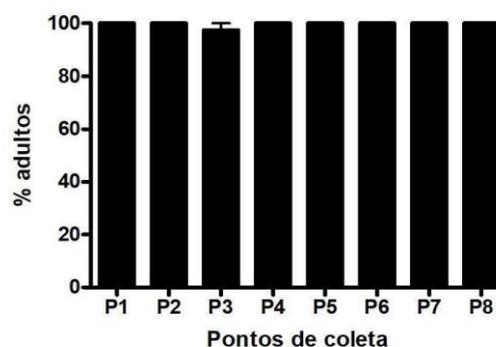
Fonte: CONAMA.

Os ensaios ecotoxicológicos com *Nitokra sp.* demonstraram que as amostras de sedimento avaliaram não demonstraram potencial de toxicidade aguda, com isso, não induziram letalidade dos organismos expostos (Figura 1). Este resultado sugere que a concentração dos poluentes não está presente a nível que induz efeitos agudos nos organismos.

No entanto, a avaliação da prole após a exposição às amostras de sedimento demonstra uma redução da prole produzida após a exposição aos pontos P1, P3, P5, P6 e P7, apresentando toxicidade crônica (Figura 2). Enquanto que a exposição nos pontos P2, P4 e P8 não demonstraram uma diminuição na prole, com isso não apresentando toxicidade crônica (Figura 2).

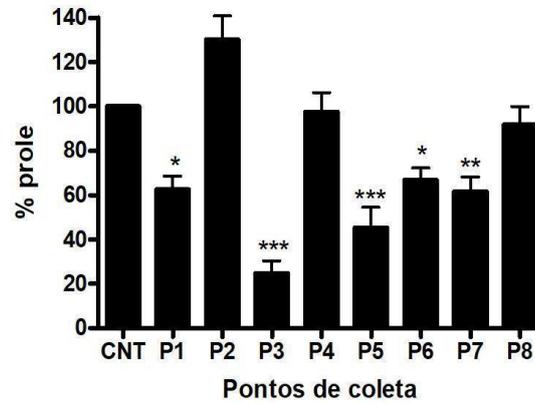
Apesar da concentração dos metais estar em conformidade com os padrões ambientais, a elevação nos níveis de metais de alguns elementos pode ter contribuído para uma significativa diminuição na prole, refletindo um impacto ambiental relevante. Um exemplo é observado para o elemento Pb e Cu. Esses elementos possuem elevado potencial tóxico e apresentaram níveis concentrações maiores em P5 (Santa Maria Vitória) e P6 (Praia de Camburi), o que pode estar relacionado com a toxicidade crônica observada.

Figura 1: Percentual de organismos adultos de *Nitokra sp.* expostos às amostras de sedimento de pontos de coleta do litoral do Espírito Santo. Rio Itabapoana (P1). Presidente Kennedy (P2). Rio Itapemirim (P3). Praia de Ubu (P4). Rio Santa Maria de Vitória (P5). Praia de Camburi (P6). Praia de Jacaraípe (P7). Praia Formosa (P8).



Fonte: Próprio autor.

Figura 2. Percentual da prole (náuplios e copepoditos) produzidos a partir de fêmeas ovadas de *Nitokra sp* expostos às amostras de sedimento de pontos de coleta do litoral do Espírito Santo. Rio Itabapoana (P1). Presidente Kennedy (P2). Rio Itapemirim (P3). Praia de Ubu (P4). Rio Santa Maria de Vitória (P5). Praia de Camburi (P6). Praia de Jacaraípe (P7). Praia Formosa (P8).



Fonte: Próprio autor.

Discussão

Os resultados deste estudo demonstram que apesar dos metais Pb, Cu, Zn e Cr estarem em conformidade com a legislação brasileira e de não terem sido observados efeitos tóxicos agudos (letalidade), algumas amostras de sedimento do litoral capixaba possuem potencial tóxico crônico, de redução da prole produzida.

A indução de efeito agudo e morte total do número de indivíduos foi observada nos organismos expostos a amostras de sedimento da BA, CE e PB afetados pelo óleo de 2019 (Carvalho, 2023). De acordo com o estudo, a granulometria é um dos fatores que pode ter influenciado no acúmulo de contaminantes no sedimento e conseqüentemente na morte de indivíduos (Carvalho, 2023). Destaca-se que o litoral nordeste foi mais afetado pelas manchas de óleo, sendo esperado efeitos mais tóxicos em relação à região sudeste.

Efeitos crônicos de redução da prole foram observados após a exposição ao sedimento dos pontos de coleta da BA, CE e PB afetados pelo óleo de 2019 (Carvalho, 2023). Esse efeito foi observado em todos os pontos de coleta, sendo mais pronunciado em pontos situados em áreas urbanizadas, onde com maiores níveis de poluentes no sedimento. Destaca-se que a região Nordeste foi diretamente afetada pelas manchas de óleo observadas no litoral brasileiro em 2019, enquanto que a região Sudeste foi menos afetada. Além disso, destaca-se que a coleta do presente estudo foi realizada 3 meses após a ocorrência do acidente no litoral brasileiro.

No presente estudo, o maior potencial de toxicidade crônica foi observado amostras de sedimento coletadas próximas à região de foz dos rios Itabapoana (P1), Itapemirim (P3) e Santa Maria Vitória (P5). Grande parte da descarga de efluentes domésticos e industriais liberada nos rios é carregada na foz, elevando a concentração de poluentes no sedimento, sendo responsável pela toxicidade crônica observada.

Os resultados do presente estudo são um alerta para a toxicidade crônica em amostras de sedimento do litoral capixaba. Esse efeito pode estar ocorrendo no ambiente natural e levar a conseqüências no equilíbrio da cadeia trófica aquática. Esse dado desperta a importância de futuros estudos em função da intensa atividade de pesca e turística que ocorrem na região.

Conclusão

Os resultados do presente estudo indicam que apesar das concentrações de metais no sedimento estavam dentro dos limites estabelecidos pela resolução brasileira, e de não terem sido observados efeitos tóxicos agudos (letalidade), algumas amostras de sedimento do litoral capixaba possuem potencial tóxico crônico. Esse efeito pode estar ocorrendo no ambiente natural e levar a conseqüências

no equilíbrio da cadeia trófica aquática. Esse dado desperta a importância de futuros estudos em função da intensa atividade de pesca e turística que ocorrem na região.

Referências

CARVALHO, MU. Impactos ambientais do óleo na costa leste do litoral Nordeste brasileiro: toxicidade de sedimentos sobre organismos aquáticos e risco ambiental. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/20d4568e-5f77-474c-8b17-364616946d87/content>. Acesso em: 01 de agosto de 2024

CETESB. Caracterização física do Porto e Terminais de Santos. **Relatório CETESB**. 1980. Disponível na Biblioteca da CETESB. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-Acidentes-Brasil-.pdf> Acesso em: 01 de agosto de 2024.

LOTUFO, G.R.; ABESSA, D.M.S. Testes de toxicidade com sedimento total e água intersticial estuarinos utilizando copépodos bentônicos. Métodos em Ecotoxicologia Marinha - Aplicações no Brasil. São Paulo: **Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda**, 2002. 163-178 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272178543_Testes_de_toxicidade_com_sediment_total_e_a_gua_intersticial_estuarinos_utilizando_copepodes_bentonicos. Acesso em: 9 de junho 2024.

LUOMA, S. N.; RAINBOW, P. S. Metal contamination in aquatic environments: science and lateral management. **Cambridge: Cambridge University**, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/47925457/Metal_contamination_in_aquatic_environments_science_and_lateral_management. Acesso em: 9 junho 2024.

MAGALHÃES, D. P.; MARQUES, M.R.C.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F. Metal bioavailability and toxicity in freshwaters. **Environmental Chemistry Letters**, v. 13, p. 69-87, 2015. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/12096>. Acesso em 9 de junho de 2024.

Poffo, I.R.F. (2000) Vazamentos de óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo: análise histórica (1974 a 1999). **Dissertação de mestrado. USP/PROCAM- Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2018/02/mestrado_IrisPoffo-1.pdf 01 de agosto de 2024.

Soares, M.O., & Teixeira, C.E.P. (2020). Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, 115, 103879. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308597X19308346?via%3Dihub>. Acesso em: 07 de junho de 2024.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Ecotoxicologia (LABTOX UFES) e ao Laboratório de Ciências Ambientais (LCA UENF) pela infraestrutura. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.