

RESUMO

Derramamentos de óleo, em geral, resultam de falhas em oleodutos e plataformas, acidentes com petroleiros ou liberação de subprodutos refinados, liberando compostos petroquímicos tóxicos que comprometem a saúde ambiental e a subsistência de comunidades tradicionais que dependem de recursos obtidos nas áreas litorâneas. O derramamento de óleo que atingiu a costa brasileira em 2019 foi um dos maiores desastres ambientais do país, afetando diversos ecossistemas costeiros, incluindo prados de angiospermas marinhas, que são espécies formadoras de habitats fundamentais para a biodiversidade e a estabilidade ecológica. Esse evento, cuja origem do navio petroleiro permanece desconhecida, evidenciou a vulnerabilidade desses ecossistemas e a deficiência na resposta, não apenas do setor público e militar, como também do meio científico, que não agiu de imediato para mitigar e reduzir os impactos causados pelo derramamento de óleo. Assim, esta tese integra três abordagens complementares organizadas em artigos – uma revisão sistemática, um experimento laboratorial e uma estratégia educativa – para investigar os efeitos de contaminantes petroquímicos nos ecossistemas de angiospermas marinhas e promover a conscientização ambiental. O **Artigo I** consiste em uma revisão sistemática sobre os impactos de derramamentos de óleo em prados de angiospermas marinhas. Os resultados mostraram que prados em áreas entremarés sofrem impactos diretos e indiretos, como aumento da mortalidade, redução da biomassa e danos causados pelos métodos de limpeza, enquanto prados submersos enfrentam principalmente impactos indiretos. A recuperação da biodiversidade associada pode levar mais de uma década, ou até mesmo não ocorrer, afetando a oferta de alimento para outras espécies e a subsistência de comunidades humanas dependentes da pesca. Além disso, foi destacado o potencial das angiospermas marinhas na biorremediação de hidrocarbonetos, removendo contaminantes da água. No **Artigo II**, investigou-se o efeito de contaminantes petroquímicos na eficiência fotossintética de *Halophila baillonii*. O experimento foi realizado com Fração Solúvel em Água (FSA) diluída em quatro concentrações (6,25%, 12,5%, 50% e 100%), além de um controle com água do mar limpa, durante 48 horas. As medições do rendimento quântico potencial (F_v / F_m) não indicaram diferenças significativas em nenhum dos tratamentos ou tempos analisados, sugerindo alta tolerância dessa espécie à exposição de curto prazo a hidrocarbonetos. Estudos prévios com espécies do mesmo gênero demonstraram a ampla escala de tolerância do táxon para esses contaminantes. O **Artigo III** descreveu o desenvolvimento e aplicação do jogo educativo “Detetive Ambiental”, que foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar de forma dinâmica e lúdica a compreensão dos alunos sobre os impactos da poluição ambiental nos ecossistemas costeiros. O jogo foi aplicado em escolas públicas e privadas após a realização de aulas expositivas dialogadas, mostrando-se eficaz para estimular o interesse e o aprendizado dos alunos sobre a importância da conservação ambiental. Além disso, mais dois artigos estão em desenvolvimento: o primeiro artigo em andamento visa avaliar a estrutura populacional da angiosperma marinha *Halodule wrightii* após o derramamento de óleo, investigando os parâmetros populacionais como densidade, biomassa e o crescimento, para compreender os impactos e a resiliência dos prados costeiros. O outro artigo será em relação aos efeitos do derramamento de óleo na diversidade funcional da fauna macrobentônica associada aos prados de angiospermas marinhas, avaliando alterações na composição, papéis funcionais e resiliência dessas comunidades, bem como suas implicações nos serviços ecossistêmicos. Os resultados desses estudos ressaltam a importância de estratégias integradas que combinam a pesquisa científica, experimentação e educação para enfrentar os desafios que foram impostos pelos derramamentos de óleo. Juntas, essas abordagens oferecem subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas, práticas de gestão ambiental e ações educativas voltadas para conservação de ecossistemas costeiros e para o fortalecimento do vínculo entre ciência e sociedade.

Palavras-chave: Biodiversidade; Impactos ambientais; Educação ambiental; Hidrocarbonetos; Ecossistema costeiro; Fisiologia; Acidente com óleo.

ABSTRACT

Oil spills generally result from pipeline and platform failures, tanker accidents, or the release of refined by-products, releasing toxic petrochemical compounds that compromise environmental health and the livelihoods of traditional communities that depend on resources obtained from coastal areas. The oil spill that hit the Brazilian coast in 2019 was one of the country's most significant environmental disasters, affecting several coastal ecosystems, including seagrass meadows, which are key habitat-forming species for biodiversity and ecological stability. This event, the origin of which remains unknown, highlighted the vulnerability of these ecosystems and the lack of response from the public and military sectors and the scientific community, which did not act immediately to mitigate and reduce the impacts caused by the oil spill. Thus, this thesis integrates three complementary approaches organized into articles - a systematic review, a laboratory experiment, and an educational strategy - to investigate the effects of petrochemical contaminants on seagrass ecosystems and promote environmental awareness. **Article I** consists of a systematic review of the impacts of oil spills on seagrass meadows. The results showed that meadows in intertidal areas suffer direct and indirect effects, such as increased mortality, reduced biomass, and damage caused by clean-up methods. In contrast, submerged meadows face mainly indirect impacts. Recovery of the associated biodiversity can take more than a decade or even not occur, affecting the food supply for other species and the livelihoods of human communities dependent on fishing. In addition, the potential of seagrasses in hydrocarbon bioremediation was highlighted, removing contaminants from the water. **Article II** investigated the effect of petrochemical contaminants on the photosynthetic efficiency of *Halophila baillonii*. The experiment was carried out with Water Soluble Fraction (WSF) diluted in four concentrations (6.25%, 12.5%, 50%, and 100%) and a control with clean seawater for 48 hours. Measurements of potential quantum yield (F_v / F_m) did not indicate significant differences in any of the treatments or times analyzed, suggesting a high tolerance of this species to short-term exposure to hydrocarbons. Previous studies with species of the same genus have demonstrated the taxon's wide range of tolerance to these contaminants. **Article III** describes the development and application of the "Environmental Detective" educational game, which was developed to help students understand the impacts of environmental pollution on coastal ecosystems dynamically and entertainingly. After dialogue lectures, the game was applied in public and private schools and proved effective in stimulating students' interest and learning about the importance of environmental conservation. In addition, two more articles are under development: the first is an ongoing study to evaluate the population structure of the seagrass *Halodule wrightii* after the oil spill, investigating population parameters such as density, biomass, and growth to understand the impacts and resilience of coastal meadows. The other article will look at the effects of the oil spill on the functional diversity of the macrobenthic fauna associated with seagrasses meadows, assessing changes in the composition, functional roles, and resilience of these communities and their implications for ecosystem services. The results of these studies highlight the importance of integrated strategies that combine scientific research, experimentation, and education to address the challenges posed by oil spills. Together, these approaches offer subsidies for developing public policies, environmental management practices, and educational actions aimed at conserving coastal ecosystems and strengthening the link between science and society.

Keywords: Biodiversity; Environmental impacts; Environmental education; Hydrocarbons; Coastal ecosystem; Physiology; Oil accident.