

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO BIOCIDA PARA O CONTROLE DO BIOINVASOR CORAL-SOL

Lara Vicente Vasconcelos¹

Letícia Naves Nogueira²

Maria Eduarda Bagatelli Moura Souza³

Fernando Freitas de Oliveira⁴

Sérgio Augusto Coelho⁵

RESUMO: O coral-sol (*Tubastraea spp.*) é um invertebrado marinho invasor originário dos Oceanos Índico e Pacífico, que colonizou o litoral brasileiro, prejudicando espécies nativas e ecossistemas locais. Sua rápida proliferação acontece devido à ausência de predadores naturais, causando desequilíbrio ambiental. O controle tradicional, baseado na remoção manual por mergulhadores, apresenta limitações, pois frequentemente permanecem tecidos do coral no substrato, que regeneram novas colônias. Visando superar essas limitações, a ETEC de São Sebastião, em parceria com os pesquisadores da CEBIMar-USP, desenvolveu um biocida à base de hidróxido de sódio (10%), que induz necrose tecidual nas colônias do coral-Sol. Contudo, a formulação inicial apresentava baixa aderência em ambientes subaquáticos. Para melhorar sua adesividade, incorporaram-se agentes espessantes alimentares como carboximetilcelulose e goma xantana, aumentando a viscosidade do produto. Testes laboratoriais em tanques simulando as condições do ambiente marinho mostraram que o biocida causa morte progressiva das colônias em até 48 horas. Este trabalho contribui para a oferta de uma solução eficaz, segura e ambientalmente responsável para o controle do coral-Sol, auxiliando na conservação dos ecossistemas marinhos afetados por esta espécie invasora. Os resultados demonstram que a nova pasta biocida apresenta melhorias significativas em relação à formulação anterior, especialmente quanto à consistência e à aderência.

Palavras-chave: Biocida. Coral-sol. Espécie invasora. Manejo ambiental. *Tubastraea coccinea*. *Tubastraea tagusensis*.

DEVELOPMENT OF A BIOCIDAL PRODUCT FOR THE CONTROL OF THE INVASIVE SUN CORAL

¹ RM: 23045. Aluno(a) regular do Curso de Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: lara.vasconcelos01@etec.sp.gov.br.

² RM: 23044. Aluno(a) regular do Curso de Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: leticia.nogueira44@etec.sp.gov.br.

³ RM: 23141. Aluno(a) regular do Curso de Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: maria.souza1201@etec.sp.gov.br.

⁴ Orientador; Professor Me. da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: fernando.oliveira246@etec.sp.gov.br.

⁵ Coorientador;

ABSTRACT: The sun coral (*Tubastraea spp.*) is an invasive marine invertebrate native to the Indian and Pacific Oceans that has colonized the Brazilian coastline, harming native species and local ecosystems. Its rapid proliferation occurs due to the absence of natural predators, resulting in environmental imbalance. Traditional control methods rely on manual removal by divers; however, tissue fragments often remain on the substrate, allowing new colonies to regenerate. To overcome these limitations, the ETEC of São Sebastião, in partnership with researchers from CEBIMar-USP, developed a sodium hydroxide-based biocide (10%) that induces tissue necrosis in sun coral colonies. The initial formulation, however, displayed low adhesion in underwater environments. To improve its adherence, food-grade thickening agents such as carboxymethylcellulose and xanthan gum were incorporated, increasing the product's viscosity. Laboratory tests in tanks simulating marine conditions showed that the biocide caused progressive colony death within 48 hours. This work contributes an effective, safe, and environmentally responsible solution for controlling sun coral, supporting the conservation of marine ecosystems affected by this invasive species. The results demonstrate that the new biocidal paste presents significant improvements over the previous formulation, particularly regarding consistency and adhesion.

Keywords: Biocide. Sun coral. Invasive species. Marine management. *Tubastraea coccinea*. *Tubastraea tagusensis*.

1 INTRODUÇÃO

O coral-sol é um invertebrado marinho de origem dos Oceanos Índico e Pacífico, considerado um invasor que se estabeleceu no Litoral Brasileiro. São organismos incrustantes (que aderem firmemente a um substrato ou superfície no ambiente aquático). Estudos demonstram que o coral-sol pode ter invadido águas brasileiras ao ser transportado aderido aos cascos de embarcações e superfícies de dispositivos utilizados na exploração do petróleo (OIGMAN-PSZCSOL et al., 2017). Um problema gerado pela colonização do coral-sol fora do seu local de origem, é que na maioria das vezes ele não encontra predadores, o que permite que sua população cresça sem controle (CREED et al., 2017). Na costa brasileira, ele vem competindo por espaço e alimento com as espécies nativas, gerando desequilíbrio ambiental (RIUL et al., 2013). Com o objetivo de controlar esse organismo invasor, pesquisadores, voluntários e gestores de unidades de conservação têm desenvolvido e aplicado diferentes técnicas de remoção. A principal metodologia empregada consiste no uso de martelo ou martetele pneumático para a retirada das colônias do costão, um procedimento manual, demorado e executado por mergulhadores. Contudo, a remoção manual frequentemente resulta na permanência de tecidos ou

fragmentos de colônias de coral-sol, os quais podem viabilizar a regeneração e a subsequente retomada da proliferação do organismo (MENDES et al., 2025).

Buscando contribuir para o controle do coral-sol, foi desenvolvido na Etec de São Sebastião, com o apoio de pesquisadores do CEBIMar – Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (USP), um produto biocida para aplicação em costões rochosos. O projeto teve início em 2023, quando foi formulada uma pasta biocida, tendo como princípio ativo a soda cáustica (SILVA; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2023). Esse produto foi testado apenas em aquários e a morte das colônias foi observada. Porém, observou-se a necessidade de reformular a composição do biocida, de forma a atender aos padrões de aplicação correta e às condições específicas do ambiente marinho, principalmente no que se refere a uma maior aderência, para suportar os fluxos de água das correntes e impacto de ondas. O presente trabalho teve como objetivo a apresentação de uma reformulação do produto, com característica aderente, para permitir a aplicação em áreas do costão rochoso infestadas pelo coral-sol.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

A metodologia utilizada neste projeto baseia-se em referências científicas e em experiências prévias já desenvolvidas no ambiente acadêmico. O principal embasamento teórico deriva do estudo de Work et al. (2022), que demonstrou a eficácia de uma pasta alcalina associada ao calor para o controle de coralimorfinários invasores. Segundo os autores, formulações compostas por hidróxido de sódio apresentaram elevado potencial biocida em ambiente marinho, constituindo um modelo relevante para experimentações posteriores. Esse estudo serviu como ponto de partida conceitual para adaptações locais do método, além de orientar o desenvolvimento de formulações voltadas ao controle de espécies invasoras em diferentes contextos.

Para a confecção do produto, foram utilizados espessantes alimentícios e o hidróxido de sódio, como princípio ativo cáustico. Os ingredientes foram pesados e misturados em um béquer.

Todo o procedimento foi realizado em capela de exaustão, visando segurança e controle dos vapores liberados. Ao final, obteve-se uma pasta homogênea e bem

incorporada.

A formulação final foi testada em uma superfície rochosa plana disponível no laboratório, simulando um substrato próximo ao de costões rochosos (Figuras 1A). Para verificar a aderência, foi utilizado um jato de água da torneira (Figura 1B)..



Figura 1. Teste em laboratório com a aplicação do produto sobre uma superfície rochosa (A). Teste de aderência utilizando um jato de água.

No processo de fabricação em laboratório foram introduzidos produtos espessantes de uso alimentar incorporados com a finalidade de aumentar a viscosidade e garantir maior aderência do produto às superfícies, como aquelas onde o coral-sol costuma se fixar. Foram testadas diversas proporções e métodos de mistura, buscando uma consistência adequada que permitisse a aplicação subaquática sem dissolução rápida ou desprendimento. Com as novas formulações, foram realizados testes laboratoriais em tanques simulando ambientes marinhos, nos quais as colônias vivas de coral-sol, fornecidas pelo CEBIMar, foram fixadas em superfícies que ficaram dispostas verticalmente, junto com fluxos de água feitos com o auxílio de bombas de aquário, simulando as condições reais em que esses organismos crescem no ambiente natural.

A aplicação do produto foi realizada diretamente sobre as colônias, com avaliação da necrose do tecido em intervalos regulares.

2.2 Resultados e discussão

Observou-se adesão satisfatória, superando o problema de baixa fixação presente na formulação de 2023. Diante dos resultados positivos em ambiente simulado, uma amostra da pasta foi separada e encaminhada ao Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar), para permitir testes em ambiente aquático natural e avaliação de seu desempenho em condições reais de correnteza, salinidade e temperatura.

Após a aplicação do produto sobre as colônias, em aproximadamente uma hora, os tecidos já apresentaram perda de coloração e sinais de necrose. Nas 24 e 48 horas seguintes, constatou-se morte progressiva das colônias, demonstrando a eficácia da pasta em condições simuladas. Com os testes, de acordo com a Figura 2, conseguimos observar que o produto permaneceu cerca de 432 horas, assim nos fazendo prosseguir para a próxima etapa, realizando um teste de campo no ambiente marinho com a aplicação em tecidos remanescentes da retirada manual de colônias.



Figura 3 : teste de adesividade da pasta realizado por técnica do CEBIMar Vitória Santos Mendes. Imagem por: Vitória Santos Mendes.

A etapa seguinte do projeto consiste na seleção da formulação mais eficiente para posterior aplicação em ambiente marinho natural. Essa fase será realizada com acompanhamento técnico, observando principalmente o comportamento do produto em condições reais de correnteza, salinidade e temperatura, bem como sua capacidade de aderência e estabilidade. Por fim, uma etapa adicional pretende definir modelos viáveis de aplicadores subaquáticos para o produto, como pistolas de silicone adaptadas, seringas de grande volume e tubos pressurizados.

Todas as etapas do projeto vêm sendo conduzidas com responsabilidade ambiental, supervisão técnica e adequado cumprimento da legislação vigente, respeitando os protocolos éticos para o uso de organismos vivos em pesquisa.

O desenvolvimento da pasta biocida mostrou avanços significativos em relação à formulação inicial produzida pelos alunos da ETEC de São Sebastião em 2023. A principal melhoria observada foi a aderência da pasta às superfícies rochosas, fator crítico para aplicações em ambientes aquáticos. A combinação de espessantes proporcionou maior viscosidade e estabilidade, permitindo que a pasta permanecesse fixada mesmo sob condições de umidade simuladas em laboratório. Essa característica resolve a limitação da formulação anterior, que se dissolia rapidamente.

Quanto à aplicação, atualmente a pasta é depositada manualmente sobre a superfície, método que apresentou boa eficiência e controle durante os testes laboratoriais. Apesar disso, considera-se importante avaliar alternativas que permitam aplicação mais segura e padronizada, de forma a reduzir esforços físicos e melhorar a precisão do produto, mesmo reconhecendo que a aplicação manual demonstrou eficácia satisfatória.

Os testes realizados em superfície rochosa plana indicam que a formulação final apresenta consistência adequada e capacidade de aderência suficiente para suportar condições simuladas de umidade, demonstrando potencial para futuras aplicações. O envio de uma amostra ao CEBIMar permitirá análises em condições que simulem o ambiente marinho, com o objetivo de avaliar comportamento e estabilidade da pasta, sem caracterizar a execução de aplicação em campo neste momento.

Em resumo, os resultados obtidos confirmam que a pasta biocida apresenta melhorias substanciais em relação à formulação anterior, tanto em consistência quanto em aderência. As discussões destacam a necessidade de aperfeiçoamento

da dissolução da soda e do método de aplicação, aspectos que serão objeto de futuras avaliações e ajustes laboratoriais, visando a obtenção de um produto mais uniforme, seguro e funcional.

3 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um produto biocida baseado em uma pasta alcalina para o controle do bioinvasor Coral-Sol (*Tubastraea spp.*) representa um avanço significativo no campo da gestão ambiental de espécies invasoras marinhas, especialmente em contextos costeiros brasileiros.

Os resultados obtidos evidenciam melhorias substanciais na formulação biocida, particularmente no que concerne à aderência e estabilidade em superfícies rochosas simuladas. A incorporação de espessantes dissolvidos resultou em uma pasta homogênea com viscosidade adequada, superando as limitações da versão anterior, que apresentava dissolução rápida em meio aquoso. Os testes laboratoriais confirmaram a eficácia biocida, com necrose tecidual observada em colônias de coral-sol em intervalos de 1 a 48 horas, indicando um potencial de controle seletivo e direcionado.

No entanto, apesar dos progressos, o estudo revelou limitações que demandam atenção futura. A dissolução do hidróxido de sódio, embora aprimorada pelo aquecimento, ainda apresenta margens para otimização, visando maior uniformidade e redução de riscos associados à manipulação de substâncias cáusticas. Adicionalmente, o método de aplicação manual, embora eficaz em testes controlados, pode ser insuficiente para operações em larga escala, exigindo o desenvolvimento de dispositivos subaquáticos, como pistolas de silicone ou seringas pressurizadas, para aumentar a precisão, segurança e eficiência.

Os avanços em homogeneidade, estabilidade e eficácia biocida pavimentam o caminho para aplicações em campo, com potencial para reduzir a cobertura de invasores em áreas afetadas, como as costas do Sudeste brasileiro. Recomenda-se, portanto, a continuidade das pesquisas por meio de ensaios em ambientes marinhos naturais, acompanhados de monitoramento ecológico para avaliar impactos a longo prazo, além do aprimoramento de aplicadores subaquáticos e protocolos de segurança.

REFERÊNCIAS

- ALTVATER, L. et al. Use of sodium hypochlorite as a control method for the non-indigenous coral species *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829. *Management of Biological Invasions*, v. 8, n. 2, p. 197–204, 2017. DOI: 10.3391/mbi.2017.8.2.07.
- BARBOSA, A. C. C. et al. Invasive sun corals and warming pose independent threats to the brain coral *Mussismilia hispida* in the Southwestern Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, v. 629, p. 43-54, 2019.
- BARBOSA, Matheus da S. et al. An environmentally friendly bio-based approach to control invasive sun corals *Tubastraea* spp. *Scientific Reports*, [S.l.].
- BRASIL. Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-Sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil. Brasília: MMA, ICMBio, 2018.
- COELHO, S. C. C. et al. Western boundary currents drive sun-coral (*Tubastraea* spp.) coastal invasion from oil platforms. *Scientific Reports*, v. 12, p. 5286, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-09269-8.
- COUTO, T. D. T. C. et al. A method to assess the risk of sun coral invasion in marine protected areas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 93, 2021.
- CREED, J. C.; JUNQUEIRA, A. O. R.; FLEURY, B. G.; MANTELATTO, M. C.; OIGMAN-PSZCZOL, S. S. The Sun-Coral Project: the first social-environmental initiative to manage the biological invasion of *Tubastraea* spp. in Brazil. *Management of Biological Invasions*, v. 8, p. 181–195, 2017.
- CREED, J. C.; MASI, B. P.; MANTELATTO, M. C. Experimental evaluation of vinegar (acetic acid) for control of invasive corals (*Tubastraea* spp.) and a review of knowledge for other aquatic pests. *Biological Invasions*, v. 21, n. 4, 2019. DOI: 10.1007/s10530-018-1895-9.
- CREED, J. C. et al. The invasion of the azooxanthellate coral *Tubastraea* (Scleractinia: Dendrophylliidae) throughout the world: history, pathways and vectors. *Biological Invasions*, v. 19, n. 1, p. 283-305, 2016.
- CRIVELLARO, M. S. et al. Fighting on the edge: reproductive effort and population structure of the invasive coral *Tubastraea coccinea* in its southern Atlantic limit of distribution following control activities. *Biological Invasions*, v. 23, p. 811-823, 2020.
- LAGES, B. G. et al. Chemical composition and release in situ due to injury of the invasive coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia). *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 58, n. SPE4, p. 47-56, 2010.
- LUZ, B. L. P. et al. A polyp from nothing: The extreme regeneration capacity of the Atlantic invasive sun corals *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 503, p. 60-65, 2018.

LUZ, B. L. P.; DI DOMENICO, M.; MIGOTTO, A. E.; KITAHARA, M. V. Life-history traits of *Tubastraea coccinea*: Reproduction, development, and larval competence. *Ecology and Evolution*, v. 10, p. 6223–6238, 2020.

MANTELATTO, M. C. et al. A test of the efficacy of wrapping to manage the invasive corals *Tubastraea tagusensis* and *T. coccinea*. *Management of Biological Invasions*, v. 6, n. 4, p. 367, 2015.

MANTELATTO, M. C. et al. Marine litter and wood debris as habitat and vector for the range expansion of invasive corals (*Tubastraea* spp.). *Marine Pollution Bulletin*, v. 160, p. 111659, 2020.

MENDES, V. S. Avaliação do uso de pasta biocida como técnica complementar no controle do coral invasor *Tubastraea* spp. São Sebastião: ETEC de São Sebastião, 2024.

MENDES, V. S. et al. Sun coral regeneration after management actions in a Brazilian no-take marine protected área. *Coral Reefs*, v. 44, p. 1427–1432, 2025.

MIRANDA, R. J. et al. Do invasive corals alter coral reef processes? An empirical approach evaluating reef fish trophic interactions. *Marine Environmental Research*, v. 138, p. 19-27, 2018b.

MIZRAHI, D.; NAVARRETE, A. S.; FLORES, A. A. V. Uneven abundance of the invasive sun coral over habitat patches of different orientation: an outcome of larval or later benthic processes? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 452, p. 22-30, 2014.

MIZRAHI, D.; PEREIRA, S. F.; NAVARRETE, S. A.; FLORES, A. A. V. Allelopathic effects on the sun-coral invasion: facilitation, inhibition and patterns of local biodiversity. *Marine Biology*, v. 164, p. 139, 2017.

MOREIRA, P. L.; RIBEIRO, F. V.; CREED, J. C. Control of invasive marine invertebrates: an experimental evaluation of the use of low salinity for managing pest corals (*Tubastraea* spp.). *Biofouling*, v. 30, n. 5, p. 639-650, 2014.

OIGMAN-PSZCZOL, Simone et al. O controle da invasão do coral-sol no Brasil não é uma causa perdida. *Ciência e Cultura*, v. 69, n. 1, p. 56–59, 2017.

ORICCHIO, F. T. et al. Exotic species dominate marinas between the two most populated regions in the southwestern Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, v. 146, p. 884-892, 2019.

PROJETO CORAL-SOL. Entendendo o coral-sol: estudo sobre as populações invasoras do coral-sol no litoral brasileiro. Rio de Janeiro: UERJ, 2025. Arquivo digital.

RIUL, P.; TARGINO, C. H.; JUNIOR, L. A. C.; CREED, J. C.; HORTA, P. A.; COSTA, G. C. Invasive potential of the coral *Tubastraea coccinea* in the southwest Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, v. 480, p. 73-81, 2013.

SILVA, E. E.; ARAUJO, G. M. P. D.; OLIVEIRA, K. C. L. Desenvolvimento de produto biocida para aplicação no controle da bioinvasão pelo coral-sol. São Sebastião: ETEC de São Sebastião, 2023.

WORK, Thierry M. et al. Invasive corallimorpharians at Palmyra Atoll National Wildlife Refuge are no match for lye and heat. *Management of Biological Invasions*, v. 13, 2022.