ISSN: 2358-8829

IMPRESSÃO 3D E CULTURA MAKER COMO ESTRATÉGIA DE RESTAURAÇÃO DE RECIFES DE CORAIS

Luan Barreto de Lima [1]
Maísa Danielle Lins de Sousa [2]
Daniel de Cerqueira Lima e Penalva Santos [3]
Fernando Henrique de Lima Gadelha [4]

INTRODUÇÃO

Os recifes de corais estão entre os ecossistemas mais biodiversos do planeta e fornecem bens e serviços essenciais às sociedades costeiras, como a proteção da linha de costa contra a ação das ondas, a sustentação da pesca, o turismo e a manutenção de processos ecológicos que extrapolam os limites do próprio recife (Moberg; Folke, 1999). Esses ecossistemas, no entanto, enfrentam uma crise sem precedentes. Ao analisarem registros de branqueamento em 100 localidades recifais entre 1980 e 2016, Hughes *et al*. (2018) constataram que o intervalo típico entre eventos severos de branqueamento caiu para cerca de seis anos, tempo insuficiente para a recuperação plena das comunidades de corais.

No Brasil, os recifes apresentam características singulares, como as formações em cogumelo conhecidas como chapeirões e uma fauna coralínea de baixa diversidade, porém rica em espécies endêmicas. Distribuídos ao longo das costas norte, nordeste e leste e das ilhas oceânicas, esses recifes estão próximos de centros urbanos em expansão e sofrem com o aumento da sedimentação e o lançamento de efluentes urbanos e industriais (Leão *et al*., 2016). A esses impactos somam-se as ondas de calor marinhas: durante o evento de 2019, Duarte *et al*. (2020) registraram mortalidade superior a 80%

[1] Graduando do Curso de Bacharelado em Administração do Instituto Federal de Pernambuco- PE, barretoluan20@gmail.com;
[2] Pós-Graduanda da Pós-graduação em Gestão Estratégica em Logística do Instituto Federal de Pernambuco- PE, maisaalins18@gmail.com;
[3] Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ, docente do IFPE Cabo de Santo Agostinho – PE, daniel.penalva@cabo.ifpe.edu.br.
[4] Doutor em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - PE, docente do IFPE Cabo de Santo Agostinho – PE,fernando.gadelha@cabo.ifpe.edu.br;

ISSN: 2358-8829

do hidrocoral *Millepora alcicornis* em recifes do sul da Bahia, evidenciando a vulnerabilidade dos recifes brasileiros ao aquecimento oceânico.

Diante desse cenário, a restauração de recifes tem ganhado espaço como estratégia complementar de conservação. Em revisão sistemática, Boström-Einarsson *et al.* (2020) identificaram, contudo, que a maioria dos projetos ainda é de pequena escala e curta duração, com monitoramento frequentemente inferior a 18 meses, e alertaram que a restauração não substitui a redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, soluções tecnológicas capazes de baratear, padronizar e ampliar as técnicas de restauração tornam-se objeto de interesse crescente. Entre elas, destaca-se a *Additive manufacturing (3D printing)* , que permite produzir estruturas de geometria complexa e personalizada a partir de modelos digitais (Ngo *et al*., 2018).

O tema ganhou especial relevância em 2025, quando a 22ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) adotou como tema "Planeta Água: Cultura Oceânica para Enfrentar as Mudanças Climáticas no Meu Território", em sintonia com a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030) (AGÊNCIA GOV, 2025). A cultura oceânica, entendida como a compreensão da influência do oceano sobre as pessoas e da influência das pessoas sobre o oceano (Santoro *et al.*, 2020), oferece um quadro pertinente para aproximar o público de problemas ambientais globais a partir de sua realidade local.

Foi nesse contexto que o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) e o Laboratório *Maker* do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), *Campus* Cabo de Santo Agostinho, desenvolveu protótipos impressos em 3D de estruturas semelhantes a ladrilhos, concebidas como bases para a fixação e o crescimento de fragmentos de corais, e os apresentou em uma palestra durante a 22ª SNCT. A proposta articulou a fabricação digital à cultura maker, movimento que valoriza a aprendizagem pela criação de artefatos concretos (Blikstein, 2013; Halverson; Sheridan, 2014).

Assim, este relato tem como objetivo descrever e analisar a experiência de concepção e apresentação desses protótipos, discutindo como a impressão 3D, associada à cultura maker e inovação , pode contribuir para iniciativas de restauração de recifes de corais e para a promoção da cultura oceânica. A relevância do trabalho reside em registrar uma

ação que conecta inovação tecnológica, educação ambiental e o tema nacional da SNCT, oferecendo subsídios para iniciativas semelhantes em instituições de ensino.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um relato de experiência, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-reflexivo. Essa modalidade descreve vivências acadêmicas ou profissionais nos campos do ensino, da pesquisa ou da extensão e tem como traço central "a descrição da intervenção" (Mussi; Flores; Almeida, 2021, p. 65), associada à embasamento científico e reflexão crítica. Daltro e Faria (2019) reconhecem o relato de experiência como narrativa científica legítima, na qual os sujeitos que viveram a experiência também a analisam à luz de seu contexto.

A experiência ocorreu no âmbito da 22ª SNCT, realizada nacionalmente entre 21 e 26 de outubro de 2025 (AGÊNCIA GOV, 2025), no IFPE – *Campus* Cabo de Santo Agostinho, município da Região Metropolitana do Recife, em Pernambuco. A atividade consistiu em uma palestra realizada em 24 de outubro de 2025, com duração aproximada de 1 hora e meia para um público composto por aproximadamente 20 pessoas.

A ação foi desenvolvida pelo NIT e LabMaker do *campus*, espaço de Inovação e fabricação digital voltado à prototipagem e à aprendizagem por projetos. O percurso envolveu quatro etapas. Na primeira, a equipe estudou o processo de restauração de recifes e iniciativas que já utilizam estruturas impressas em 3D, com destaque para os estudos de Ruhl e Dixson (2019) e Berman *et al*. (2023). Na segunda, foram concebidos e modelados digitalmente protótipos de estruturas semelhantes a ladrilhos que são utilizados nos estudos, pensados como bases para a fixação e o crescimento de fragmentos de corais. Na terceira, os protótipos foram produzidos na impressora 3D do laboratório, em PLA (Ácido Polilático), tecnicamente denominado Polylactic Acid (PLA), é um polímero termoplástico de origem predominantemente renovável, produzido a partir da fermentação de açúcares provenientes de fontes vegetais, como milho e cana-de-açúcar. Na quarta, os protótipos foram apresentados na palestra como

ISSN: 2358-8829

objetos concretos de discussão, articulando restauração de recifes, Inovação, fabricação digital, cultura maker e cultura oceânica.

A palestra foi organizada em formato expositivo-dialogado. Partiu do problema global da degradação dos recifes, passou pela realidade dos recifes brasileiros e chegou à demonstração dos protótipos, abrindo espaço para perguntas do público. As informações deste relato foram sistematizadas a partir dos registros da equipe e analisadas à luz do referencial teórico, conforme a orientação de articular a descrição da experiência à sua interpretação crítica (Mussi; Flores; Almeida, 2021). A Figura 1 sintetiza o percurso da experiência.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os recifes sustentam bens e serviços que vão da produção pesqueira e da proteção costeira ao valor cultural e turístico, e sua degradação afeta diretamente as populações que deles dependem (Moberg; Folke, 1999). O aquecimento global tornou o branqueamento em massa um fenômeno recorrente, que já não se restringe aos anos de El Niño (Hughes *et al.*, 2018). As técnicas de restauração incluem o transplante direto de fragmentos, o cultivo de corais em viveiros (*coral gardening*) e a adição de substratos artificiais para fixação e recrutamento de corais. Boström-Einarsson *et a*l. (2020) apontam que os projetos relatam taxas médias de sobrevivência entre 60% e 70%, mas sofrem com objetivos pouco claros, monitoramento inconsistente e dificuldade de ganhar escala, desafios que precisam ser superados antes da ampliação das iniciativas.

A impressão 3D, ou manufatura aditiva, constrói objetos camada por camada a partir de um modelo digital, o que permite produzir geometrias complexas, personalizar peças e prototipar rapidamente com menor desperdício de material (Ngo et al., 2018). Na restauração de recifes, a tecnologia tem sido testada para reproduzir a complexidade estrutural dos corais e produzir substratos padronizados. Ruhl e Dixson (2019) verificaram que peixes associados a corais não diferenciaram estruturas impressas de esqueletos naturais e que larvas de coral se assentaram em superfícies impressas sem

ISSN: 2358-8829

diferença de crescimento ou mortalidade entre os materiais testados. Berman *et al*. (2023), por sua vez, desenvolveram ladrilhos cerâmicos com suportes impressos para viveiros de corais e observaram, após seis meses, melhores indicadores de saúde dos tecidos em duas das três espécies avaliadas. Os mesmos autores ressaltam, porém, que o custo e o tempo de impressão ainda limitam a produção em larga escala.

A cultura maker tem raízes no construcionismo de Papert (2008), para quem a aprendizagem se torna mais significativa quando o estudante constrói algo concreto e compartilhável. Blikstein (2013) descreve a fabricação digital como uma democratização da invenção, ao colocar ao alcance de estudantes ferramentas antes restritas a especialistas. Halverson e Sheridan (2014) analisam o movimento maker como um campo que articula educação formal e informal, enquanto Raabe e Gomes (2018) discutem sua apropriação no contexto educacional brasileiro, destacando o papel de espaços como os laboratórios maker na promoção da autoria, da colaboração e da resolução de problemas reais.

A cultura oceânica compreende o entendimento da influência do oceano sobre a vida humana e da influência humana sobre o oceano, organizado em sete princípios essenciais. Mais que um conceito, é proposta como ferramenta para ampliar o conhecimento sobre o oceano e estimular a participação cidadã em ações sustentáveis (Santoro et al., 2020). Ao adotar esse tema, a 22ª SNCT reforçou a articulação entre ciência, clima e território (AGÊNCIA GOV, 2025), perspectiva na qual se insere a experiência aqui relatada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A experiência produziu dois resultados principais: os protótipos de ladrilhos impressos em 3D, concebidos como bases para a fixação e o crescimento de fragmentos de corais, e a palestra, que utilizou esses protótipos como ponto de partida para discutir restauração de recifes, inovação tecnológica e cultura oceânica. Esses resultados são apresentados em 4 tópicos, a seguir:

ISSN: 2358-8829

- O protótipo como resposta tecnológica: Os ladrilhos desenvolvidos no LabMaker inserem-se na estratégia de adição de substrato, que oferece superfícies estáveis para a fixação de fragmentos de corais e o recrutamento de larvas (Boström-Einarsson *et al*., 2020). A impressão 3D permitiu prototipar rapidamente diferentes formatos e ajustar o desenho às necessidades de fixação, explorando a liberdade geométrica que caracteriza a manufatura aditiva (Ngo *et al.*, 2018). A proposta dialoga com experiências internacionais que vêm demonstrando a viabilidade de estruturas impressas em ambiente recifal (Ruhl; Dixson, 2019; Berman *et al.*, 2023). A análise da literatura, porém, impõe cautelas. A escolha do material é determinante: estudos de campo têm privilegiado substratos cerâmicos, como a terracota, combinados a polímeros de alta durabilidade apenas nos suportes (Berman *et al*., 2023). Nesse sentido, os protótipos produzidos no laboratório cumprem, nesta etapa, uma função demonstrativa e de validação do desenho, e não estão prontos para submersão. A transição para o ambiente marinho exigiria testar materiais biocompatíveis, avaliar a durabilidade das peças e monitorar a sobrevivência dos corais por períodos prolongados, lacunas que a própria literatura de restauração aponta como críticas (Boström-Einarsson *et al*., 2020).

- Escala, custo e logística: A composição interdisciplinar da equipe, que reúne formações em Administração, Logística, Engenharia de Produção e Ciências Florestais, permitiu discutir aspectos frequentemente negligenciados nas iniciativas de restauração: custo unitário, tempo de produção e logística de implantação. Berman *et al*. (2023) estimam que imprimir milhares de peças idênticas ainda é menos eficiente que métodos de produção em massa, o que indica que a impressão 3D tende a ser mais vantajosa na fase de prototipagem e na produção de componentes personalizados. Essa reflexão contribui para afastar visões simplificadas da tecnologia como solução isolada e reforça que a restauração depende de planejamento, gestão de recursos e articulação entre diferentes áreas do conhecimento.

- A palestra como espaço de cultura oceânica. A presença de um objeto físico, que o público pôde observar e manusear, transformou um problema distante e abstrato em algo tangível. Esse aspecto aproxima a experiência do construcionismo, no qual artefatos concretos funcionam como mediadores da aprendizagem (Papert, 2008). Ao percorrer o caminho que vai da crise global dos recifes à realidade brasileira e, então, à solução produzida no próprio *campus*, a palestra materializou o princípio da cultura

oceânica segundo o qual as pessoas e o oceano estão interligados (Santoro et al., 2020). Também respondeu à proposta da SNCT de pensar o enfrentamento das mudanças climáticas a partir do território (AGÊNCIA GOV, 2025).

- A cultura maker na formação: Para os estudantes envolvidos, a experiência evidenciou o potencial da fabricação digital como espaço de autoria e de resolução de problemas reais, em consonância com a ideia de democratização da invenção (Blikstein, 2013). O laboratório deixou de ser apenas um local de uso de equipamentos e passou a funcionar como ambiente de pesquisa aplicada, no qual um desafio ambiental foi traduzido em um projeto concreto, como defendem Raabe e Gomes (2018) e Halverson e Sheridan (2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relato descreveu e analisou a concepção de protótipos impressos em 3D para a restauração de recifes de corais e sua apresentação em palestra durante a 22ª SNCT no IFPE – Campus Cabo de Santo Agostinho. A experiência mostrou que a associação entre impressão 3D, Inovação e cultura *maker* pode cumprir um duplo papel: como ferramenta tecnológica, ao permitir prototipar rapidamente estruturas de fixação de corais; e como ferramenta educativa, ao transformar um problema ambiental global em um objeto concreto de discussão.

A atividade aproximou o público de um tema urgente e pouco presente no cotidiano, conectando a crise dos recifes à realidade brasileira e ao território, em sintonia com a proposta de cultura oceânica da SNCT. Para a equipe, consolidou o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) e o Laboratório *Maker* Como espaço de pesquisa aplicada e evidenciou o valor de olhares interdisciplinares, capazes de incorporar à discussão ambiental questões de custo, escala e logística.

A experiência também deixou claro que a tecnologia, por si só, não resolve a degradação dos recifes. A restauração é uma medida complementar, que depende da redução das pressões ambientais e da mitigação das mudanças climáticas. Como desdobramentos, recomenda-se: (a) testar materiais biocompatíveis, como a cerâmica,

para a produção dos ladrilhos; (b) buscar parcerias com grupos de pesquisa em ciências do mar para a validação dos protótipos em ambiente controlado e, posteriormente, em campo; (c) avaliar sistematicamente a percepção do público em futuras atividades; e (d) estimar custos e tempos de produção para analisar a viabilidade de produção em maior escala.

Palavras-chave: Impressão 3D, Cultura *Maker*, Sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Brasil coloca o oceano no centro da ciência e inovação. Brasília, DF, out. 2025. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202510/brasil-coloca-o-oceano-no-centro-da-ciencia-e-inovacao. Acesso em: 29 out. 2026.

BERMAN, Ofer; LEVY, Natalie; PARNAS, Haim; LEVY, Oren; TARAZI, Ezri. Exploring new frontiers in coral nurseries: leveraging 3D printing technology to benefit coral growth and survival. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 11, n. 9, 1695, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse11091695.

BLIKSTEIN, Paulo. Digital fabrication and 'making' in education: the democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN, Julia; BÜCHING, Corinne (ed.). **FabLabs**: of machines, makers and inventors. Bielefeld: Transcript, 2013. p. 203-222.

BOSTRÖM-EINARSSON, Lisa et al. Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. **PLoS ONE**, v. 15, n. 1, e0226631, 2020. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631.

DALTRO, Mônica Ramos; FARIA, Anna Amélia de. Relato de experiência: uma narrativa científica na pós-modernidade. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 223-237, jan./abr. 2019. DOI: https://doi.org/10.12957/epp.2019.43015.

DUARTE, Gustavo A. S. et al. Heat waves are a major threat to turbid coral reefs in Brazil. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, 179, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00179.

HALVERSON, Erica Rosenfeld; SHERIDAN, Kimberly. The maker movement in education. **Harvard Educational Review**, v. 84, n. 4, p. 495-504, 2014. DOI: https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063.

HUGHES, Terry P. et *al*. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. **Science**, v. 359, n. 6371, p. 80-83, 2018. DOI: https://doi.org/10.1126/science.aan8048.

LEÃO, Zelinda M. A. N. et al. Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 64, n. sp2, p. 97-116, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/S1679-875920160916064sp2.

MOBERG, Fredrik; FOLKE, Carl. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. **Ecological Economics**, v. 29, n. 2, p. 215-233, 1999.

MUSSI, Ricardo Franklin de Freitas; FLORES, Fábio Fernandes; ALMEIDA, Claudio Bispo de. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 17, n. 48, p. 60-77, out./dez. 2021. DOI: https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010.

NGO, Tuan D.; KASHANI, Alireza; IMBALZANO, Gabriele; NGUYEN, Kate T. Q.; HUI, David. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. **Composites Part B: Engineering**, v. 143, p. 172-196, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Ed. rev. Porto Alegre: Artmed, 2008.

RAABE, André; GOMES, Eduardo B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 26, n. 26, p. 6-20, 2018.

RUHL, Emily J.; DIXSON, Danielle L. 3D printed objects do not impact the behavior of a coral-associated damselfish or survival of a settling stony coral. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, e0221157, 2019. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221157.

SANTORO, Francesca; SANTIN, Selvaggia; SCOWCROFT, Gail; FAUVILLE, Géraldine; TUDDENHAM, Peter. **Cultura oceânica para todos**: kit pedagógico. Paris: UNESCO, 2020. (Manuais e Guias da COI, 80).