

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA**

MARINA GONÇALVES MARQUES

**EXPLORANDO O OCEANO PELO TOQUE: DESENVOLVIMENTO DE
UM RECURSO DIDÁTICO TÁTIL PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL
INCLUSIVA**

MARINA GONÇALVES MARQUES

**EXPLORANDO O OCEANO PELO TOQUE: DESENVOLVIMENTO DE
UM RECURSO DIDÁTICO TÁTIL PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL
INCLUSIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia Marinha.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carolina Pacheco Bertozzi

Coorientadora: Ma. Karine Soares de Oliveira

São Vicente - SP
2026

Gonçalves Marques, Marina

G635e Explorando o Oceano pelo Toque: Desenvolvimento de um recurso didático tátil para a

Educação Ambiental / Marina Gonçalves Marques. -- , 2026

15 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (-) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Biociências, São Vicente,

Orientadora: Carolina Pacheco Bertozzi

Coorientadora: Karine Sores de Oliveira

1. Cultura Oceânica. 2. Desenho Universal para a Aprendizagem. 3. Educação Ambiental. 4. Impressão 3D. 5. Tartarugas Marinhas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

1 Introdução	4
2 Educação Ambiental, Cultura Oceânica e inclusão	6
2.1 Educação Ambiental crítica e responsabilidade coletiva	6
2.2 Cultura Oceânica e alfabetização científica	7
2.3 Desenho Universal para a Aprendizagem e tecnologia assistiva	7
2.4 Exemplos de uso em educação formal e não formal	8
3 Metodologia	9
4 Resultados e discussão	10
4.1 Produto obtido e características de produção	10
4.2 Potencial comparativo das estruturas cranianas	11
4.3 Possibilidades de utilização pedagógica	11
4.4 Limites e possibilidades da ferramenta no contexto escolar	12
5 Limitações do estudo e encaminhamentos	12
6 Considerações finais	13
Referências	13

EXPLORANDO O OCEANO PELO TOQUE: DESENVOLVIMENTO DE UM RECURSO DIDÁTICO TÁTIL PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL INCLUSIVA

Resumo

Este estudo descreve o desenvolvimento de réplicas táteis de crânios das cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil, produzidas por impressão 3D como recurso didático para a Educação Ambiental inclusiva e a Cultura Oceânica. O trabalho caracteriza-se como desenvolvimento de produto educacional, sem aplicação ou validação com estudantes. Modelos digitais obtidos no repositório MorphoSource foram preparados nos programas Ultimaker Cura e OrcaSlicer e impressos em filamento de ácido polilático, com preenchimento de 15%, altura de camada de 0,2 mm e três perímetros externos. Foram obtidas cinco peças que tornam disponíveis, para observação visual e exploração tátil, diferenças morfológicas associadas à alimentação e à ecologia das espécies. A análise discute possibilidades de uso em contextos escolares e não formais, articuladas ao Desenho Universal para a Aprendizagem, à Base Nacional Comum Curricular, ao Programa Nacional de Educação Ambiental e ao Projeto Político-Pedagógico da Zona Costeira e Marinha do Brasil. Os resultados se restringem à produção e à caracterização do material. Sua contribuição pedagógica depende da mediação, do contexto de uso e de validação futura com estudantes, especialmente pessoas cegas e com baixa visão.

Palavras-chave: Cultura Oceânica; Desenho Universal para a Aprendizagem; Educação Ambiental; Impressão 3D; tartarugas marinhas.

Abstract

This study describes the development of tactile skull replicas of the five sea turtle species occurring in Brazil, produced by 3D printing as an educational resource for inclusive Environmental Education and Ocean Literacy. The work is characterized as educational product development, without application or validation with students. Digital models obtained from the MorphoSource repository were prepared in Ultimaker Cura and OrcaSlicer and printed in polylactic acid filament, using 15% infill, a 0.2 mm layer height, and three external perimeters. Five pieces were produced, making morphological differences associated with feeding and species ecology available for visual observation and tactile exploration. The analysis discusses possible uses in school and non-formal settings, articulated with Universal Design for Learning, the Brazilian National Common Curricular Base, the National Environmental Education Program, and the Political-Pedagogical Project for Brazil's Coastal and Marine Zone. Results are limited to the production and characterization of the material. Its educational contribution depends on pedagogical mediation, the context of use, and future validation with students, especially blind and low-vision learners.

Keywords: Ocean Literacy; Universal Design for Learning; Environmental Education; 3D printing; sea turtles.

1 Introdução

O Oceano constitui um sistema integrado que cobre cerca de 70% da superfície terrestre, participa da regulação climática, sustenta elevada diversidade biológica e fornece serviços ecossistêmicos relacionados à alimentação, à energia, ao transporte, à cultura e às economias costeiras (Barradas, 2020). A dependência humana em relação a esses processos não elimina, contudo, as pressões produzidas por modelos de ocupação, produção e consumo que intensificam a poluição, a perda de habitats, a exploração excessiva de recursos e as mudanças climáticas. O debate educacional sobre o ambiente marinho precisa, portanto, relacionar os conhecimentos biológicos às dimensões históricas, políticas, econômicas e culturais que condicionam os conflitos socioambientais.

A Primeira Avaliação Mundial do Oceano e os ciclos posteriores de monitoramento das Nações Unidas contribuíram para evidenciar que a degradação marinha não pode ser compreendida apenas como soma de comportamentos individuais. Ela resulta também de decisões institucionais, cadeias produtivas, desigualdades no acesso a recursos e diferentes capacidades de participação política. Esse reconhecimento é relevante para evitar que ações educativas transfiram aos indivíduos uma responsabilidade desproporcional, enquanto estruturas econômicas e políticas permanecem sem questionamento.

A Agenda 2030 e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, dedicado à conservação e ao uso sustentável do Oceano, constituem referências internacionais importantes. Ainda assim, sua adoção não garante implementação homogênea nem substitui a análise crítica de interesses econômicos e geopolíticos. O relatório global dos ODS de 2025 reconheceu avanços, mas também progressos frágeis e desiguais. Mudanças de orientação em governos nacionais reforçam essa instabilidade: em 2026, a administração dos Estados Unidos anunciou a retirada do país de dezenas de organizações internacionais consideradas incompatíveis com interesses nacionais, ilustrando como compromissos multilaterais podem ser subordinados a prioridades políticas e econômicas (United Nations, 2025; White House, 2026).

Boff (2017) adverte que a sustentabilidade não deve operar como rótulo capaz de preservar padrões de crescimento, consumo e desigualdade. A análise do ciclo de vida dos produtos mostra que nenhuma tecnologia é ambientalmente neutra e que a avaliação de sua sustentabilidade exige considerar extração de matéria-prima, produção, energia, transporte, uso e descarte. No campo educacional, essa perspectiva desloca o foco de soluções isoladas para processos que estimulem leitura crítica, participação coletiva e compreensão das interdependências ecológicas e sociais.

Nesse cenário, a Cultura Oceânica, também denominada Ocean Literacy, organiza conhecimentos sobre a influência do Oceano na humanidade e da humanidade no Oceano. Seus sete princípios abrangem a unidade e a diversidade oceânica, a relação entre Oceano e dinâmica terrestre, a influência climática, a habitabilidade do planeta, a biodiversidade, a interdependência com as sociedades e o caráter ainda incompleto do conhecimento científico (Cava et al., 2005; Santoro et al., 2020). A alfabetização oceânica, porém, não deve ser tratada como sinônimo automático de conservação. Conhecer conceitos pode ampliar repertórios e qualificar decisões, mas mudanças de valores, práticas e políticas dependem de mediação pedagógica, condições sociais, participação pública e continuidade das ações educativas.

No Brasil, a extensão da costa e da Zona Econômica Exclusiva contrasta com a presença desigual de temas marinhos nos currículos e na vida cotidiana, sobretudo em territórios afastados do litoral. A expressão “mentalidade marítima” é utilizada para discutir o grau de reconhecimento social da importância do mar, mas precisa ser mobilizada com atenção aos diferentes contextos: populações costeiras, comunidades tradicionais, estudantes de regiões interiores, trabalhadores do setor marítimo e grupos atingidos por conflitos ambientais mantêm relações distintas com o Oceano (Carvalho, 2023). A Educação Ambiental não pode pressupor uma experiência universal nem reduzir essas relações a um sentimento abstrato de pertencimento.

O Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA) orienta ações baseadas em sustentabilidade socioambiental, democracia, participação social, transversalidade e articulação entre educação formal, não formal e informal (Brasil, 2018). O Projeto Político-Pedagógico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (PPPZCM) complementa essa perspectiva ao defender uma Educação Ambiental popular, crítica, emancipatória, dialógica, inclusiva, acessível e contextualizada aos territórios (Raymundo et al., 2021). Esses documentos reforçam que materiais didáticos podem apoiar processos formativos, mas não substituem diálogo, problematização, avaliação e participação coletiva.

Entre os organismos capazes de articular conteúdos de biodiversidade, ecologia e conservação, as tartarugas marinhas possuem forte presença simbólica e são frequentemente utilizadas como espécies-bandeira (Frazier, 2005). Essa escolha, entretanto, deve ser justificada pedagogicamente. No Brasil ocorrem cinco espécies: *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea* e *Dermochelys coriacea*. Seus crânios apresentam contrastes de forma, tamanho relativo, órbitas e estruturas mandibulares associados à alimentação e ao modo de vida. O recorte craniano concentra características

comparáveis, permite disposição lado a lado, reduz a quantidade de material e o tempo de produção em relação a modelos de corpo inteiro e favorece atividades voltadas à relação forma-função. Isso não significa que o crânio seja superior para todos os objetivos: modelos corporais, cascos, mapas, sons, narrativas e exemplares de outros organismos podem ser mais adequados conforme a pergunta e o público.

A impressão 3D oferece meios de reproduzir estruturas biológicas sem submeter espécimes originais ao manuseio frequente. Quando planejadas para remover barreiras de acesso, réplicas táteis podem integrar estratégias de tecnologia assistiva e de Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). A tecnologia, por si só, não torna uma atividade inclusiva. O valor pedagógico depende de tamanho, textura, segurança, contraste, descrição verbal, materiais complementares, autonomia de exploração e participação de pessoas com deficiência no planejamento e na avaliação.

Diante dessas questões, este estudo descreve o desenvolvimento de réplicas táteis dos crânios das cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil e analisa suas possibilidades e limitações como recurso didático para Educação Ambiental inclusiva e Cultura Oceânica. A pergunta que orienta o trabalho é: quais possibilidades e limites podem ser identificados na produção e no uso proposto desses modelos, considerando que ainda não houve aplicação com estudantes? O objetivo geral consiste em elaborar e caracterizar o conjunto de réplicas. Como objetivos específicos, busca-se justificar a escolha das espécies e do recorte anatômico, registrar os parâmetros disponíveis de produção, relacionar o material aos princípios do DUA e propor contextos de utilização alinhados à Educação Ambiental crítica e à BNCC.

2 Educação Ambiental, Cultura Oceânica e inclusão

2.1 Educação Ambiental crítica e responsabilidade coletiva

Reigota (1994) compreende a Educação Ambiental como educação política, relacionada à cidadania, à autonomia e à construção de sociedades socialmente justas. Essa abordagem exige perguntar quais grupos produzem, suportam e decidem sobre os impactos ambientais. A afirmação genérica de que “os seres humanos” causam os problemas pode ocultar diferenças de poder entre empresas, governos, comunidades e indivíduos. Também pode invisibilizar populações que protegem territórios e, simultaneamente, enfrentam os efeitos de atividades econômicas sobre as quais possuem pouco controle.

O ProNEA propõe integrar dimensões naturais, culturais, históricas, sociais, econômicas e políticas, apoiando processos de transformação e emancipação (Brasil, 2018). O PPPZCM, construído de forma participativa, enfatiza diálogo de saberes, ciência cidadã, memória biocultural, inclusão e monitoramento dos processos educativos (Raymundo et al., 2021). A presença de avaliação nesses documentos é especialmente importante para o presente estudo: não se deve atribuir a um material resultados de aprendizagem, sensibilização ou mudança de comportamento sem observar como ele foi utilizado, por quem, em qual contexto e com quais efeitos.

Boff (2017) associa a educação para a sustentabilidade à capacidade de criticar conhecimentos e experiências historicamente situados, construir novas interpretações e assumir responsabilidade pelo cuidado comum. Esse horizonte não é alcançado pela simples transmissão de informações. A abordagem de um recurso sobre tartarugas marinhas pode incluir morfologia e ecologia, mas também ameaças, políticas públicas, desigualdades territoriais, cadeias de produção, pesca, poluição, mudanças climáticas e participação social. O material tátil pode iniciar a conversa e a orientação crítica depende da sequência pedagógica que o acompanha.

2.2 Cultura Oceânica e alfabetização científica

A Cultura Oceânica aproxima diferentes campos do conhecimento e pode contribuir para a alfabetização científica ao relacionar conceitos, práticas de investigação, comunicação e tomada de decisão (Cava *et al.*, 2005; Ghilardi-Lopes *et al.*, 2019). No entanto, é necessário distinguir aprendizagem conceitual, sensibilização, intenção e comportamento. Um estudante pode reconhecer características de uma espécie sem alterar práticas pessoais, como da mesma forma, comportamentos individuais não resolvem conflitos que exigem regulação, infraestrutura e ação coletiva. A proposta pedagógica precisa explicitar o que pretende desenvolver e como esse resultado será avaliado.

O sexto princípio da Cultura Oceânica, relativo à forte interligação entre o Oceano e a humanidade, oferece um eixo fértil para atividades com as réplicas. A relação pode ser abordada pela circulação de nutrientes, pelos serviços ecossistêmicos, pelos impactos sobre habitats e pelas responsabilidades diferenciadas de atores sociais. Tartarugas marinhas transportam energia e nutrientes entre ambientes marinhos e terrestres, ocupam diferentes habitats ao longo do ciclo de vida e respondem a pressões como captura incidental, resíduos, perda de áreas de alimentação e alteração de praias de desova (Bouchard; Bjorndal, 2000; Bolten, 2003; Lovich *et al.*, 2018).

O uso de espécies-bandeira pode mobilizar interesse, mas também apresenta limites. A atração por animais carismáticos pode concentrar atenção em poucas espécies e deixar em segundo plano organismos menos conhecidos, relações ecológicas e comunidades humanas. Por essa razão, as tartarugas devem ser apresentadas como portas de entrada para sistemas mais amplos, e não como substitutas da diversidade marinha. A comparação entre os cinco crânios pode conduzir à discussão de nichos, alimentação e evolução, seguida de questões sobre habitats, ameaças e políticas de conservação.

2.3 Desenho Universal para a Aprendizagem e tecnologia assistiva

O DUA surgiu da transposição de princípios do desenho universal para o planejamento educacional. Em vez de adaptar uma atividade apenas depois que uma barreira aparece, propõe-se antecipar a variabilidade dos estudantes e oferecer múltiplos meios de engajamento, representação e ação e expressão (Sebastián-Heredero, 2020; CAST, 2024). A abordagem não elimina apoios individualizados, mas amplia as possibilidades de acesso desde o início.

A expressão “estudantes com necessidades especiais” foi evitada neste trabalho por ser ampla e por frequentemente deslocar a atenção da barreira para a pessoa. O texto utiliza “estudantes com deficiência visual”, especificando estudantes cegos e com baixa visão quando necessário, além de estudantes videntes. O conjunto não foi avaliado por esses públicos, de modo que não se pode afirmar equivalência perceptiva, acessibilidade plena ou adequação tátil. Tais aspectos dependem de validação participativa.

A impressão 3D pode compor uma solução de tecnologia assistiva quando o produto, a metodologia e o serviço são organizados para ampliar funcionalidade, autonomia e participação. A Lei Brasileira de Inclusão adota uma compreensão abrangente de tecnologia assistiva, que inclui produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços (Brasil, 2015). Assim, a réplica não deve ser tratada isoladamente: audiodescrição, legendas ampliadas, contraste, braille quando pertinente, orientação espacial, tempo de exploração e mediação verbal formam parte da experiência.

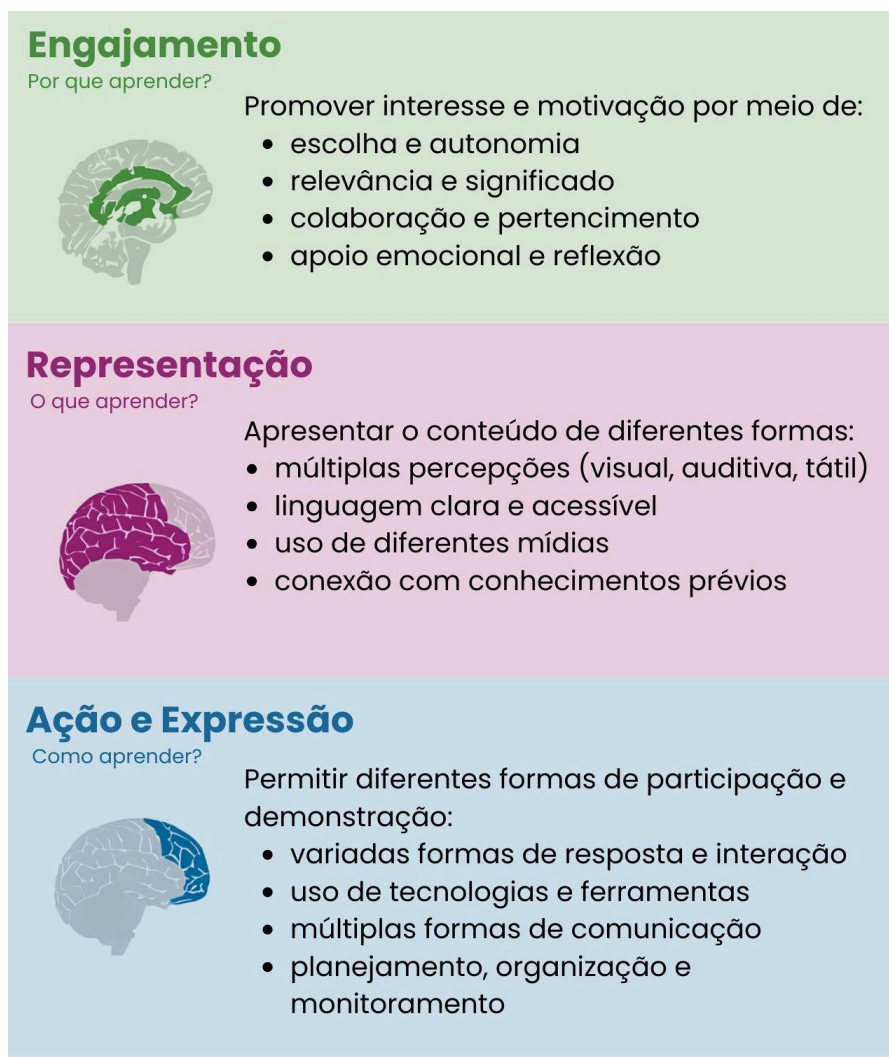


Figura 1 - Princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem. Fonte: adaptado de CAST (2024).

2.4 Exemplos de uso em educação formal e não formal

Em contexto escolar, as réplicas podem integrar sequências de Ciências da Natureza sobre biodiversidade, relações ecológicas, adaptação, evolução, anatomia comparada e questões socioambientais. A BNCC orienta a mobilização de conhecimentos científicos para análise crítica e tomada de decisões éticas, sustentáveis e solidárias, enquanto o Caderno Meio Ambiente apresenta a Educação Ambiental como Tema Contemporâneo Transversal (Brasil, 2018; Brasil, 2022). O alinhamento curricular não decorre da presença do objeto, mas da relação entre objetivos, perguntas, atividades e avaliação.

Em museus, aquários, centros de visitantes, unidades de conservação e ações comunitárias, o material pode compor percursos táteis mediados, associado a sons, mapas, texturas, amostras não biológicas, audiodescrição e relatos sobre os territórios. Nesses espaços, é importante evitar uma narrativa exclusivamente biológica e incluir modos de vida, conflitos, saberes locais e políticas de conservação. A participação de pessoas cegas e com baixa visão no desenho do percurso pode revelar barreiras que não são percebidas por equipes videntes.

Na formação de professores, o conjunto pode servir para analisar como um mesmo recurso sustenta propostas pedagógicas distintas. Uma aula centrada na identificação de espécies produz objetivos diferentes de uma atividade investigativa sobre forma e função ou

de um debate sobre captura incidental e políticas públicas. Essa comparação torna visível que o material não determina sozinho o tipo de Educação Ambiental realizado.

3 Metodologia

Neste trabalho, foram confeccionados crânios de tartarugas marinhas seguindo a metodologia proposta por Santos *et al.* (2022), que consiste na produção de esculturas e imagens em relevo impressas em 3D. A etapa realizada compreendeu seleção de modelos digitais, preparação dos arquivos, impressão e caracterização das peças. Não houve aplicação em escola, museu ou atividade de extensão, nem coleta de dados com estudantes, professores ou pessoas com deficiência visual. Por essa razão, não foram avaliadas aprendizagem, usabilidade, percepção tátil, engajamento, sensibilização ou mudança de comportamento. Como não houve participação de seres humanos ou uso de animais, o desenvolvimento descrito não envolveu procedimentos de pesquisa sujeitos a avaliação ética com participantes.

Foram escolhidos crânios de *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea* e *Dermochelys coriacea*, as cinco espécies registradas no território brasileiro. A opção pelo crânio baseou-se em três critérios: concentração de características morfológicas relacionadas à alimentação e à ecologia; possibilidade de comparação direta entre as espécies; e viabilidade de produzir peças manuseáveis com menor consumo de material do que modelos de corpo inteiro. A seleção não exclui outros organismos ou estruturas anatômicas, que podem ser mais adequados a objetivos distintos.

Os modelos digitais foram obtidos no repositório MorphoSource, mantido pela Duke University. Os arquivos foram importados nos programas Ultimaker Cura e OrcaSlicer para ajustes de orientação, escala e fatiamento. A impressão foi realizada em parceria com o laboratório QuaterCost, no campus da Baixada Santista da Universidade Federal de São Paulo, utilizando impressora K1 Max e filamento de ácido polilático (PLA). Foram adotados preenchimento de 15%, altura de camada de 0,2 mm e três perímetros de parede externa. Esses parâmetros buscaram equilibrar definição superficial, resistência ao manuseio, tempo e consumo de material, sem que tenha sido realizado ensaio mecânico.

O Quadro 1 apresenta as informações disponíveis, como código do modelo obtido no repositório, escalas/dimensões finais em porcentagem, tempo de impressão e quantidade de material utilizado.

Quadro 1 - Registro técnico disponível para as cinco réplicas.

Espécie	Fonte digital	Código do modelo	Escala/dimensões finais (%)	Tempo de impressão	Material (PLA)
<i>Dermochelys coriacea</i>	MorphoSource	Crânio: 000042600 Mandíbula: 000042598	Crânio: 100 Mandíbula: 100	Crânio: 1d5h47min Mandíbula: 2h7min	Crânio: < 1kg Mandíbula: < 1kg
<i>Caretta caretta</i>	MorphoSource	Crânio: 000650992 Mandíbula: 000651002	Crânio: 100 Mandíbula: 60	Crânio: 8h54min Mandíbula: 1h45min	Crânio: 159,80g Mandíbula: 33,22g
<i>Eretmochelys imbricata</i>	MorphoSource	Crânio: 000618101 Mandíbula: 000618090	Crânio: 100 Mandíbula: 2,55	Crânio: 3h16min Mandíbula: 35min	Crânio: 47,86g Mandíbula: 9,29g
<i>Chelonia mydas</i>	MorphoSource	Crânio: 000618079 Mandíbula: 000618054	Crânio: 78,30 Mandíbula: 2,55	Crânio: 2h36min Mandíbula: 23min	Crânio: 37,17g Mandíbula: 5,86g
<i>Lepidochelys olivacea</i>	MorphoSource	Crânio: 000689491 Mandíbula: 000689495	Crânio: 100 Mandíbula: 48,37	Crânio: 2h28min Mandíbula: 24min	Crânio: 35,64g Mandíbula: 5,87g

Nota: Não se obteve com precisão o consumo de material da *Dermochelys coriacea* pois o arquivo foi corrompido.

Após a impressão, as peças foram inspecionadas visualmente quanto à integridade geral e à presença das estruturas cranianas mais evidentes. Essa inspeção não corresponde a validação anatômica por especialista, teste de precisão dimensional ou avaliação tátil com usuários. A análise apresentada na seção seguinte combina características observáveis no

conjunto produzido com a literatura sobre morfologia, DUA, Educação Ambiental e impressão 3D.

As facilidades consideradas no desenvolvimento foram o acesso remoto a modelos digitais, a possibilidade de repetir arquivos sem manusear material biológico, a alteração de escala e a produção de um conjunto com menos de 1 kg de PLA. Entre as dificuldades estão o tempo prolongado de impressão, especialmente para *Dermochelys coriacea*, a necessidade de equilibrar estruturas finas e resistência, o planejamento de orientação e suportes. Geometrias cranianas com órbitas, cavidades e arcos delicados exigem atenção durante o fatiamento, a remoção de suportes e o acabamento.

4 Resultados e discussão

4.1 Produto obtido e características de produção

O desenvolvimento resultou em cinco réplicas de crânios correspondentes às espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil (Figura 2). Esse é o resultado empírico do estudo: a obtenção física do conjunto com os parâmetros descritos. Não houve dados que permitam afirmar que as peças melhoram aprendizagem, aumentam engajamento, produzem empatia, garantem inclusão ou alteram comportamentos.

O preenchimento de 15% e os três perímetros externos foram escolhas de fabricação orientadas pela busca de equilíbrio entre peso, tempo e resistência. Como não foram realizados testes de queda, compressão, fadiga ou manuseio prolongado, a resistência deve ser descrita como expectativa de projeto, e não como propriedade comprovada. A altura de camada de 0,2 mm define a resolução de fabricação utilizada, mas não demonstra, isoladamente, que detalhes sejam percebidos de forma adequada por pessoas cegas ou com baixa visão.

O consumo total inferior a 1 kg indica economia relativa de material no conjunto produzido, porém não comprova sustentabilidade ambiental. O PLA pode ter origem renovável, mas sua produção envolve energia, transporte e condições específicas de descarte. A avaliação ambiental exigiria análise do ciclo de vida e comparação com alternativas. A contribuição mais diretamente sustentada pelo estudo está na possibilidade de reduzir o manuseio de espécimes biológicos e de reutilizar os modelos, desde que apresentem durabilidade e sejam efetivamente incorporados a atividades educativas (Boff, 2017).



Figura 2 - Réplicas impressas em 3D: 1) *Dermochelys coriacea*; 2) *Caretta caretta*; 3) *Eretmochelys imbricata*; 4) *Chelonia mydas*; 5) *Lepidochelys olivacea*. Fonte: acervo da autora (2026).

4.2 Potencial comparativo das estruturas cranianas

As peças apresentam diferenças morfológicas que podem ser exploradas em uma atividade comparativa. O crânio de *Chelonia mydas* possui contorno arredondado e região anterior associada a um padrão alimentar que muda ao longo da vida; o de *Lepidochelys olivacea* apresenta configuração mais triangular; *Eretmochelys imbricata* possui região rostral estreita e alongada; *Caretta caretta* apresenta crânio robusto e estruturas mandibulares relacionadas ao esmagamento de presas; *Dermochelys coriacea* distingue-se pelo maior volume, órbitas amplas e sua bola em formato de “W” para obtenção de alimentos gelatinosos, como a água-viva. (Wyneken, 2001; Reis; Goldberg, 2017).

Essas diferenças justificam o uso dos cinco crânios em vez de uma única espécie. A comparação pode orientar perguntas sobre relação forma-função, diversidade de dietas, ocupação de habitats e história evolutiva. Também permite discutir que estruturas anatômicas não devem ser interpretadas de modo determinista: forma, comportamento, ambiente e desenvolvimento interagem, e as inferências precisam ser apoiadas por outras evidências.

O uso tátil pode oferecer uma via adicional de representação, coerente com o DUA, mas a acessibilidade depende da legibilidade das formas, do tamanho, da orientação da peça e da mediação. Detalhes visualmente evidentes podem não ser táteis; cavidades profundas podem dificultar a exploração; diferenças de escala podem induzir interpretações equivocadas. A validação com pessoas cegas é necessária para decidir se as peças devem receber bases, marcações de orientação, ampliação de estruturas, texturas, legendas em braille ou modelos seccionados.

4.3 Possibilidades de utilização pedagógica

O material pode ser utilizado em diferentes contextos, desde que a proposta explicita objetivos e formas de acompanhamento. O Quadro 2 apresenta possibilidades, não resultados já obtidos. As atividades foram organizadas de modo a articular conteúdos biológicos, Cultura Oceânica, DUA e Educação Ambiental crítica. A avaliação pode incluir descrição oral, produção de modelos explicativos, comparação argumentada, mapas conceituais, registros táteis ou gráficos, discussão de casos e elaboração coletiva de perguntas.

Na educação formal, a articulação com a BNCC pode ocorrer pela área de Ciências da Natureza e pelo Tema Contemporâneo Transversal (TCT) Meio Ambiente. As competências específicas valorizam investigação, comunicação, compreensão da ciência como empreendimento humano e ação responsável diante de questões socioambientais (Brasil, 2018; Brasil, 2022). O uso do recurso deve preservar a flexibilidade curricular e a contextualização ao território, evitando transformar o alinhamento em simples associação de códigos.

Em espaços não formais, o conjunto pode integrar exposições acessíveis e atividades de formação. A abordagem deve oferecer tempo para exploração, orientação clara, higiene e segurança das peças, linguagem acessível e alternativas de participação. Quando possível, a atividade deve ser cocriada e avaliada com pessoas com deficiência visual, educadores, especialistas em tartarugas marinhas e representantes dos territórios onde será realizada.

Quadro 2 - Propostas de uso do conjunto em diferentes contextos educativos.

Contexto	Objetivo possível	Atividade sugerida	Articulação DUA/BNCC	Cuidados e avaliação
Ensino Fundamental - anos finais	Relacionar morfologia, alimentação e habitat.	Exploração orientada dos cinco crânios; comparação em duplas; construção de hipóteses e consulta a fontes.	Múltiplas formas de representação e expressão; Ciências da Natureza: biodiversidade, relações ecológicas e argumentação.	Não antecipar respostas; disponibilizar descrição oral, texto ampliado e tempo de toque; avaliar a qualidade das justificativas.
Ensino Médio	Analisar forma-função e problemas socioambientais em diferentes escalas.	Estudo de caso sobre captura incidental, resíduos ou perda de habitat, articulado às características das espécies.	Investigação, análise de evidências e tomada de decisão; TCT Meio Ambiente.	Diferenciar conhecimento biológico de decisão política; avaliar argumentos, fontes e propostas coletivas.
Museu, aquário ou unidade de conservação	Ampliar formas de acesso a uma exposição sobre biodiversidade marinha.	Estação tátil com audiodescrição, mapas, sons e mediação; comparação livre seguida de conversa.	Representação multissensorial, autonomia e pertencimento.	Validar com pessoas cegas e com baixa visão; observar orientação, segurança, higiene e legibilidade tátil.
Ação comunitária ou projeto de extensão	Relacionar tartarugas, território, políticas e modos de vida.	Roda de diálogo com as peças, mapas locais e relatos de pescadores, gestores e moradores.	Educação Ambiental dialógica e contextualizada; múltiplos saberes.	Evitar culpabilização individual; registrar perguntas e avaliar participação e pertinência territorial.
Formação de professores	Planejar sequências inclusivas e analisar barreiras.	Grupos elaboram propostas distintas com o mesmo conjunto e revisam-nas a partir do DUA.	Planejamento flexível, múltiplos meios e avaliação formativa.	Não tratar o objeto como solução pronta; incluir revisão por usuários e critérios explícitos de acessibilidade.

4.4 Limites e possibilidades da ferramenta no contexto escolar

Uma possibilidade relevante é a exploração simultânea por estudantes com diferentes perfis, sem organizar uma peça exclusiva para o aluno com deficiência. Esse princípio pode favorecer participação compartilhada, mas não garante experiência equivalente. A igualdade de acesso exige observar se todos conseguem localizar estruturas, compreender a escala, acompanhar a explicação e expressar o que perceberam. Algumas pessoas podem preferir descrição verbal, modelos ampliados ou apoio individual, e essas escolhas devem ser respeitadas.

O recurso pode reduzir a dependência de imagens bidimensionais e permitir que estruturas sejam examinadas por diferentes ângulos. Também pode apoiar atividades investigativas, nas quais os estudantes formulam hipóteses antes de receber a identificação das espécies. Por outro lado, modelos monocromáticos não comunicam cor, textura de tecidos, movimento ou proporções corporais completas. A réplica craniana representa um recorte e não deve ser confundida com o organismo.

A mediação pedagógica define o sentido da atividade. Uma abordagem restrita à memorização de nomes pode reforçar ensino classificatório. Uma abordagem comparativa pode desenvolver observação e argumentação. Uma proposta crítica pode relacionar morfologia, ecologia, ameaças, legislação, desigualdades e participação. O mesmo conjunto, portanto, pode sustentar práticas educativas distintas; o material não garante, por si só, alfabetização científica, Cultura Oceânica ou conservação.

A produção local de réplicas também envolve condições institucionais. Impressoras, manutenção, programas, formação técnica, tempo de preparação e disponibilidade de filamento podem constituir barreiras. O compartilhamento de arquivos abertos favorece reprodução, mas deve vir acompanhado de licença, créditos, identificadores e documentação técnica.

5 Limitações do estudo e encaminhamentos

A principal limitação é a ausência de aplicação e validação do recurso. O conjunto não foi utilizado com turmas, professores, mediadores de espaços não formais, estudantes cegos, pessoas com baixa visão ou estudantes videntes. Não existem dados sobre compreensão, satisfação, facilidade de manuseio, segurança, memória, engajamento ou contribuição para a Cultura Oceânica. Todas as proposições pedagógicas apresentadas devem ser entendidas como possibilidades fundamentadas na literatura.

Pesquisas futuras podem adotar desenho participativo com pessoas cegas e com baixa visão desde a seleção e o redimensionamento dos modelos. Uma etapa piloto deve verificar orientação das peças, legibilidade de detalhes, necessidade de texturas e suportes, linguagem das legendas e tempo de exploração. A aplicação educacional pode combinar observação, entrevistas, grupos focais, questionários e produções dos estudantes, evitando atribuir mudança de comportamento a um único encontro.

6 Considerações finais

O trabalho resultou na produção de cinco réplicas táteis de crânios das espécies de tartarugas marinhas registradas no Brasil. O conjunto torna disponíveis diferenças morfológicas que podem apoiar comparações sobre forma, alimentação, ecologia e diversidade, além de reduzir o manuseio de materiais biológicos originais. A escolha dos crânios mostrou-se coerente com a proposta comparativa e com a viabilidade de impressão, embora represente apenas uma parte do organismo e não seja adequada a todos os objetivos educativos.

Os modelos possuem potencial para compor propostas de Educação Ambiental inclusiva e Cultura Oceânica quando associados a mediação, materiais complementares, objetivos claros e avaliação. O alinhamento ao DUA não decorre apenas do caráter tátil, e a impressão 3D não funciona automaticamente como tecnologia assistiva. A acessibilidade precisa ser construída com participação de pessoas com deficiência visual e considerar orientação, escala, segurança, descrição, autonomia e múltiplas formas de expressão.

A ausência de aplicação impede afirmar que o recurso favorece aprendizagem, engajamento, empatia ou mudança de comportamento. O produto desenvolvido constitui uma base para estudos posteriores, nos quais será possível testar sua utilização em contextos escolares e não formais, registrar a experiência dos participantes e aprimorar tanto o desenho das peças quanto as propostas pedagógicas. A contribuição do material dependerá do modo como for utilizado e da capacidade de inserir o conhecimento biológico em discussões críticas, coletivas e contextualizadas sobre o Oceano.

Referências

- BARRADAS, J. O Oceano como instrumento de Educação Ambiental. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 2, p. 24-33, 2020.
- BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2017.
- BOLTEN, A. B. Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A.; WYNEKEN, J. (org.). **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC Press, 2003. v. 2, p. 243-257.
- BOUCHARD, S. S.; BJORNDAAL, K. A. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. **Ecology**, v. 81, n. 8, p. 2305-2313, 2000.
- BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF: Presidência da República, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Caderno Meio Ambiente: Educação Ambiental e Educação para o Consumo**. Brasília, DF: Secretaria de Educação Básica, 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Educação ambiental por um Brasil sustentável: ProNEA, marcos legais e normativos**. 5. ed. Brasília, DF: MMA, 2018.

CARVALHO, Rodrigo de Campos. **Planejamento espacial marinho da Amazônia Azul**. In: PÊGO, Bolívar et al. (org.). *Fronteiras do Brasil: o litoral em sua dimensão fronteiriça*. Brasília: Ipea, 2023. v. 8. cap. 14.

CAST. **CAST Universal Design for Learning Guidelines version 3.0**. Wakefield, MA: CAST, 2024.

CAVA, Francesca; SCHOEDINGER, Sarah; STRANG, Craig; TUDDENHAM, Peter. **Science content and standards for ocean literacy: a report on ocean literacy**. 2005.

COORDENAÇÃO-GERAL DE OCEANO et al. A Década do Oceano. **Diálogos Socioambientais**, v. 5, n. 14, p. 11-14, 2022.

FARONI-PEREZ, Larisse et al. **Cultura Oceânica Atlântica Brasileira**. Vitória: GOX, 2021.

FORD, S.; MINSHALL, T. Invited review article: where and how 3D printing is used in teaching and education. **Additive Manufacturing**, v. 25, p. 131-150, 2019.

FRAZIER, J. Marine turtles: the role of flagship species in interactions between people and the sea. **Maritime Studies**, v. 3, n. 2/4, n. 1, p. 5-38, 2005.

GHILARDI-LOPES, Natalia Pirani; TURRA, Alexander. Ocean literacy in Brazil: gaps and opportunities. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, 2019.

KOSTAKIS, V.; NIAROS, V.; GIOTITSAS, C. Open source 3D printing as a means of learning: an educational experiment in two high schools in Greece. **Telematics and Informatics**, v. 32, n. 1, p. 118-128, 2015.

LOVICH, J. E. et al. Where have all the turtles gone, and why does it matter? **BioScience**, v. 68, n. 10, p. 771-781, 2018.

MEYLAN, Anne B.; MEYLAN, Peter A. Introduction to the evolution, biology and life history of sea turtles. In: LUTZ, Peter L.; MUSICK, John A. (org.). **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC Press, 1997.

MORPHOSOURCE. **MorphoSource: 3D data for the scientific community**. Duke University.

OLIVEIRA, Cíntia Rochele Alves de. **O ensino de ciências na perspectiva da educação inclusiva: uma análise a partir da produção e implementação de um material didático em 3D**. 2020. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2020.

PARESQUE, Karla et al. Cultura oceânica: de todos, para todos. **Revista Eletrônica Extensão em Debate**, v. 12, n. 13, 2023.

PATREZE, Camila Maistro; PALAIO, Sueny Calazans dos Santos; ALMEIDA, Marcus Vinicius Lima de. Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. **Revista ENCITEC**, v. 8, n. 3, p. 70-82, 2018.

RAYMUNDO, Maria Henriqueta Andrade et al. (coord.). **Projeto Político-Pedagógico da Zona Costeira e Marinha do Brasil - PPPZCM**. Brasília, DF: GIZ, 2021.

REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

REIS, Estéfane Cardinot; GOLDBERG, Daphne Wrobel. Biologia, ecologia e conservação de tartarugas marinhas. In: REIS, E. C.; CURBELO-FERNANDEZ, M. P. (org.). **Mamíferos, quelônios e aves: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. v. 7, p. 63-89.

ROSE, David H.; HASSAN, T.; MEYER, Anne. **Assistive technology and Universal Design for Learning: two sides of the same coin, two roles for technology**. Wakefield: CAST, 2005.

SANTORO, Francesca et al. **Cultura oceânica para todos: kit pedagógico**. Veneza: UNESCO, 2020.

SANTOS, S. F.; GHILARDI-LOPES, N. P.; MELRO, J. **Material didático inclusivo: como fazer? Um guia para a elaboração de materiais didáticos na perspectiva do Desenho Universal para a Aprendizagem**. Santo André: UFABC, 2021.

SEBASTIÁN-HEREDERO, Eladio. Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 26, n. 4, p. 733-768, 2020.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2025**. New York: United Nations, 2025.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015.

WHITE HOUSE. **Fact sheet: President Donald J. Trump withdraws the United States from international organizations that are contrary to the interests of the United States.** Washington, DC, 7 jan. 2026..

WYNEKEN, J. **The anatomy of sea turtles.** Miami: U.S. Department of Commerce, NOAA, 2001. (Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470).

ZERBATO, Ana Paula; MENDES, Enicéia Gonçalves. Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. **Educação Unisinos**, São Leopoldo, v. 22, n. 2, p. 147-155, 2018.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: MARINA GONÇALVES MARQUES

Título: "Explorando o Oceano pelo Toque: Uma abordagem Sensorial e Inclusiva na Educação Ambiental"

Orientador: Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi	APROVADA
Profa. Dra. Ana Carolina Biscalquini Talamoni	APROVADA

PARECER:

O TRABALHO APRESENTA QUALIDADE E CUMPRIR COM TODOS OS REQUISITOS PARA UM TCC.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente Marina Gonçalves Marques obteve o seguinte conceito:



APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 03 de julho de 2026.

Carolina P. Bertozzi

Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi

Ana Carolina B. Talamoni

Profa. Dra. Ana Carolina Biscalquini Talamoni