

IMPACTO DE USINAS NUCLEARES ÀS TARTARUGAS MARINHAS E ESTRATÉGIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA SENSIBILIZAÇÃO

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-408>

Data de submissão: 25/11/2024

Data de publicação: 25/12/2024

Luciano Mesquita de Macedo
Engenheiro Civil e Tecnólogo Ambiental
IFG - CEETEPS
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2108180423240698>

Ronald Assis Fonseca
Doutorando em Ciência Florestal
UFVJM - Univ. Autónoma de Barcelona
E-mail: ronald.ufv@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7504-621X>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2755794353136437>

Clélio Rodrigo Paiva Rafael
Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade Federal do ABC
E-mail: clelio_rodrigo10@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8365-4944>

Levi Damasceno Bessa
Mestrando em ciência e engenharia dos Materiais
Universidade Federal Rural do Semi Árido
E-mail: levibessa@gmail.com
Orcid: 0009-0005-5818-8178
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8422893370821504>

Lucas Vieira de Faria
Doutor em Microbiologia - UFMG.
Professor IFMG - Campus Ouro Preto.
E-mail: lvf2090@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0884287720794349>

Geisa Corrêa Louback
Mestra em Agroecologia
UFES
E-mail: geisa.louback1980@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2598019088706678>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1066-8533>

Nislaine Caetano Silva Mendonça
BIOLOGIA QUÍMICA E PEDAGOGIA
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
E-mail: nislaine_bio@yahoo.com.br
<https://lattes.cnpq.br/9830884371786574>

Tiago Vinicius Fernandes
Doutor em Ecologia, conservação e manejo da vida Silvestre
UFVJM
E-mail: tiagovfernandes@gmail.com.br

Larissa Guilhermina Campos Cardozo
Doutoranda em genética e melhoramento
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
E-mail: larissa.cardozo.campos@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4428-8803>
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7091781661837143>

Danubia da Costa Teixeira
Doutora em Estudos Linguísticos
Uniconhecimento e UnDF
E-mail: tutoradanubia@unicaead.com.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3191062212251535>

Phelipe Augusto Carvalho Campos
Mestre em Agroquímica
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: phelipeaccampos@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6643-7615>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7329038884750729>

RESUMO

Apesar da importância da energia nuclear na matriz energética e em diversos setores, seus resíduos e processos podem gerar sérios riscos ao ambiente marinho, como a bioacumulação de radionuclídeos em tartarugas e a mortalidade causada por sistemas de resfriamento de água. Este artigo analisa os impactos ambientais das usinas nucleares sobre as tartarugas marinhas, com foco na radioecologia e em estratégias de educação ambiental como ferramentas de conservação. O estudo combina uma revisão bibliográfica com dados de visitas técnicas realizadas na Usina Nuclear de Angra dos Reis, destacando os desafios enfrentados por essas espécies no Brasil, onde ocorrem cinco das sete espécies de tartarugas marinhas. Os resultados reforçam a importância das tartarugas nos ecossistemas marinhos, sendo bioindicadores importantes para a avaliação de contaminação ambiental. São propostas estratégias de educação ambiental, como o envolvimento comunitário, a sensibilização em escolas e campanhas de conscientização voltadas para turistas e pescadores, demonstrando sua eficácia na mitigação de impactos e na promoção de práticas sustentáveis. Conclui-se que a educação ambiental é um instrumento indispensável para a sensibilização da sociedade e a conservação das tartarugas marinhas, especialmente em regiões com atividades nucleares, reforçando a necessidade de ações integradas entre comunidade, governos e indústrias.

Palavras-chave: Animais marinhos, Bioacumulação, Radioecologia, Contaminação, Conservação marinha.

1 INTRODUÇÃO

A energia nuclear, amplamente reconhecida por seu potencial na geração de energia, também desempenha diferentes papéis em diversas áreas, conforme descrito por Motter (2018). Aplicações como a conservação e produção de alimentos, a esterilização de materiais cirúrgicos, o desenvolvimento de novos cultivares de plantas, a exploração espacial com foguetes termonucleares e a medicina nuclear para diagnósticos e tratamentos. Além disso, sua utilização abrange pesquisas científicas e iniciativas de segurança global, como tratados de paz (Motter, 2018; Carvalho e Oliveira, 2017). Essas múltiplas aplicações evidenciam a versatilidade e relevância da energia nuclear em diferentes cenários da sociedade.

No entanto, apesar de suas vantagens, a energia nuclear gera preocupações ambientais significativas, particularmente no que se refere aos resíduos radioativos. Esses resíduos apresentam um impacto potencialmente grave, especialmente em ecossistemas marinhos e em organismos como as tartarugas marinhas. Estudos recentes, como o de Conrad et al. (2023), apontaram a presença de urânio antropogênico em tartarugas que habitam áreas próximas a locais de testes nucleares. Além disso, acidentes como os de "Three Mile Island", "Chernobyl" e "Fukushima" ressaltam o risco ambiental associado à energia nuclear, destacando o impacto profundo que esses eventos podem ter na vida marinha, com as tartarugas marinhas sendo particularmente vulneráveis.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo principal analisar os impactos das usinas nucleares sobre as tartarugas marinhas, considerando os efeitos da radioatividade e os mecanismos industriais envolvidos, como os sistemas de resfriamento. Ademais, o estudo propõe estratégias de educação ambiental que busquem sensibilizar a sociedade quanto à conservação dessas espécies ameaçadas, reforçando a importância de práticas sustentáveis para a proteção da biodiversidade marinha.

2 METODOLOGIA

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa realizada no ano de 2024, através de um levantamento de material bibliográfico, composto por artigos científicos, livros e vídeos, sobre as tartarugas marinhas e as principais espécies existentes no território brasileiro motivada por uma visita técnica realizada a empresa Eletrobras Eletronuclear no ano de 2022.

Em seguida, foram analisados os principais mecanismos pelos quais as usinas nucleares afetam a vida marinha, com ênfase na análise das medidas de controle existentes, de pesquisa e manejo para auxiliar na mitigação dos impactos das usinas nucleares e promover a conservação das tartarugas marinhas. Ainda, foi realizado um levantamento de ações com estratégias de conservação e educação

ambiental para promover a proteção as tartarugas marinhas em áreas sob influência de usinas nucleares, bem como em outras áreas do território brasileiro. Ao final da pesquisa e com base no levantamento do material bibliográfico levantado, foram apresentados os desafios, perspectivas e estratégias de educação ambiental para auxiliar na conservação das tartarugas marinhas.

3 RESULTADOS

3.1 RADIOATIVIDADE: A DESCOBERTA DE UMA NOVA FONTE DE ENERGIA

Grandes descobertas foram realizadas ao longo da história da humanidade, que contribuíram para a sua existência. O avanço da ciência contribuiu para a descoberta de diferentes fontes de energia, dentre elas, a nuclear. Seu uso está presente em áreas como a medicina e na produção de energia elétrica.

O Urânio (U) é utilizado como combustível nos reatores nucleares, para a produção de energia elétrica. O seu uso requer cuidados, levando-se em consideração os acidentes já ocorridos ao redor do planeta Terra. Marie e Pierre Curie foram responsáveis pela descoberta do Rádio e do Polônio, elementos que emitem milhões de vezes mais radiação do que o Urânio. Marie Curie foi a primeira mulher a receber o prêmio Nobel, tendo em vista a descoberta do fenômeno denominado radioatividade. Wilhelm Roentgen descobriu accidentalmente em 1895 um tipo de raio misterioso, que conseguia atravessar quase todas as substâncias, menos ossos e outros objetos sólidos. Esses sólidos eram projetados em um filme usado no experimento e definiu o fenômeno como raio-x (Martins, 2002).

Henri Becquerel descobriu em 1896 que o Urânio produzia um tipo de radiação espontânea, que parecia com os raios-x, não conseguindo explicar a natureza dessa radiação. O seu descubrimento revolucionou a medicina, na identificação de doenças inflamatórias, neurológicas e o câncer. Marie Curie faleceu em 1934 de leucemia, uma rara doença que afeta a medula óssea, em decorrência da exposição à radiação, pela falta de técnicas de proteção, existentes atualmente. Os restos mortais de Marie e Pierre Curie foram transferidos para caixões de chumbo na França e até hoje seus cadernos só podem ser utilizados com proteção (BBC NEWS BRASIL, 2023).

Dentro desse contexto, o principal desafio no que se diz respeito à radioatividade é como utilizá-la de maneira segura e responsável. A energia nuclear é uma das alternativas aos combustíveis fósseis, sendo uma das mais polêmicas, por causa do manejo de resíduos radioativos produzidos no processo. As sobras da fissão de urânio, que gera o calor para produzir o vapor de água, gerando a energia, são altamente radioativas e precisam ser armazenadas de forma adequada, já que ainda não há maneira de devolvê-las à natureza sem causar danos ao ambiente e aos seres vivos ou ao menos descartá-las (Souza e Ferreira, 2017).

As plantas nucleares também não estão livres de riscos. Acidentes como os que ocorreram em Chernobyl (1986), Fukushima (2011), o acidente com Césio 137 na cidade de Goiânia (1987) e o lançamento das bombas de Hiroshima e Nagasaki (1945) foram o legado mais maléfico do avanço científico causado pelo descobrimento da radioatividade. Apesar de ter sido descoberta para uso pacífico, a história mostrou seu potencial destrutivo, quando utilizada sem os devidos cuidados (BBC NEWS BRASIL, 2023).

3.2 A ENERGIA NUCLEAR E A SUA IMPORTÂNCIA NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Um dos aspectos importantes quando se fala em matrizes energéticas, é a política energética do Brasil, tendo em vista a redução das emissões de CO₂, através da exploração de diversas formas de energia. É um grande desafio na transição energética e demanda de energia, sendo necessária uma boa gestão desses recursos.

A energia nuclear é uma das fontes de energia possíveis de atender a essa demanda, sendo a política energética brasileira um elemento fundamental nos aspectos social, de desenvolvimento econômico e ambiental, levando-se em consideração as inovações tecnológicas, mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável, uso eficiente dos recursos energéticos, fontes de baixo carbono e eletrificação, digitalização de processos, controles e serviços (Brasil, 2018).

Em 2018, a energia nuclear correspondia a 1990 MW e 1.2% da matriz energética brasileira. O Brasil com um território continental, possui muitas riquezas naturais, abundância de recursos energéticos, condições climáticas para suprir em muitas vezes a demanda de energia total para os próximos trinta anos. A maior parte de energia elétrica consumida no Brasil provém de usinas hidroelétricas, ocupando grandes áreas, e dependem das condições hidrometeorológicas que, em decorrência das mudanças climáticas, sofrem com a escassez de chuva, havendo a necessidade da adoção de novas fontes para geração de energia elétrica.

Dentre elas, a solar, eólica, maremotriz, térmica, biomassa e nuclear, sendo o urânio utilizado como material combustível para acionamento das turbinas, através da água aquecida pelo calor gerado no processo de fissão (Carvalho e Gracher, 2021). Com isso, é evidente a necessidade de adoção de estratégias para o suprimento de energia, frente às demandas presentes e futuras.

3.3 AS TARTARUGAS MARINHAS NO BRASIL

As tartarugas marinhas são animais que desempenham um importante papel nos ecossistemas marinhos do Brasil. No país, ocorrem cinco das sete espécies de tartarugas marinhas existentes no planeta: a tartaruga-gigante ou de couro (*Dermochelys coriacea*), a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys*

imbricata), a tartaruga- oliva (*Lepidochelys olivacea*), a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) e a aruanã ou tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) (Pizetta, 2023, p. 9). Essas espécies enfrentam diversos desafios. Uma combinação de fatores como a pesca predatória, a destruição de habitats e a contaminação dos mares tem determinado as condições biológicas e comportamentais das tartarugas (Carvalho et al., 2020, p. 26).

As tartarugas marinhas apresentam um ciclo de vida complexo e fazem uso de diferentes ambientes ao longo da vida, o que implica em mudanças de hábitos. Embora sejam marinhas, utilizam o ambiente terrestre (praia) para desova, garantindo o local adequado à incubação dos ovos e o nascimento dos filhotes. Ao nascerem, os filhotes rumam imediatamente para o alto mar (Eckert et al., 1999).

Elas realizam longas migrações entre áreas de alimentação e reprodução, com as fêmeas retornando às praias para desovar. Os filhotes, ao nascerem, enfrentam uma jornada desafiadora até o mar, onde começam sua vida marinha (Farah, 2017). Desempenham um papel importante na manutenção da saúde dos ecossistemas marinhos, contribuindo para o equilíbrio das cadeias alimentares e a saúde dos recifes de coral. Portanto, a proteção dessas espécies é essencial para sua sobrevivência e para a saúde dos oceanos como um todo (Pizetta et al., 2023).

4 DISCUSSÃO

4.1 IMPACTOS DA RADIOATIVIDADE E SISTEMAS DE RESFRIAMENTO NAS TARTARUGAS MARINHAS

As tartarugas marinhas apresentam grande importância ecológica, e são vulneráveis aos efeitos das usinas nucleares. A poluição térmica impacta direta e indiretamente as tartarugas marinhas, em geral juvenis, que se abrigam e se alimentam nestas regiões (Marcodalvi et al., 2011).

Figura 1: Importância das tartarugas marinhas em diferentes contextos.



Fonte: Os autores, adaptado de Carvalho et al. (2022).

Relacionando os impactos das usinas nucleares as tartarugas. Destacamos Pereira (2023), descreve que os cascos de tartarugas podem armazenar vestígios de radiação. Só nos Estados Unidos atualmente, algumas atividades nucleares do passado contaminaram mais de 80 milhões de metros cúbicos de solo e 4,7 bilhões de metros cúbicos de água, estando as tartarugas inseridas nesse contexto, sendo elas importante indicador biológico para a identificação de fontes de contaminação nuclear, no âmbito da radioecologia (Pereira, 2023).

A radioecologia é o ramo da ecologia que estuda o comportamento dos radionuclídeos no ambiente e suas interações com os organismos vivos, investigando como os radionuclídeos se dispersam nos diferentes compartimentos ambientais (como solo, água e ar) e como eles afetam a biota, incluindo os efeitos biológicos da radiação ionizante sobre os seres vivos (Mazzili, 2016). A radioecologia é fundamental para a avaliação de riscos radiológicos e para a implementação de medidas de proteção ambiental (Pereira, Kelecom e Py Júnior, 2011).

Outro impacto importante observado durante a pesquisa, além da radioatividade presente nos cascos das tartarugas, é o processo de captação de água do mar para utilização no sistema de resfriamento de processos industriais na área nuclear. Pizetta et al. (2023) abordam os impactos ambientais da captação de água do mar para sistemas de resfriamento em indústrias, destacando principalmente o risco para tartarugas marinhas. O uso da tecnologia de resfriamento "Once-through

Cooling" (OTC) tem sido identificado como uma ameaça significativa, levando à captura incidental e morte de tartarugas.

Estudos mostram que em algumas usinas a mortalidade pode ser alta devido a lesões causadas por estruturas de captação e pelos sistemas de resfriamento. Em específico, a Usina Nuclear de Santa Lucie, na Flórida, documentou a captura e morte de muitas tartarugas. Entre 1976 e 1988, foram capturadas 1.631 tartarugas cabeçudas (*Caretta caretta*) e 269 tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) com uma taxa de mortalidade de 7,5% para tartarugas cabeçudas e 6,7% para tartarugas verdes. No Brasil, a Usina de Angra 2 também apresentou problemas semelhantes: entre agosto de 2010 e setembro de 2013, foram capturadas 175 tartarugas das espécies *Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*. Desses, 73 foram encontradas mortas e 102 foram liberadas após reabilitação. As mortes foram atribuídas a afogamento e traumas causados pelas estruturas de limpeza das grades de retenção de resíduos sólidos.

Para reduzir esses impactos, Pizzetta et al. (2023) sugeriu várias medidas de mitigação, como a instalação de mecanismos de proteção nas estruturas de captação, o uso de sistemas de resfriamento fechados que reduzissem a necessidade de água do mar e o monitoramento constante das capturas incidentais. As recomendações apontam no estudo, o resgate e reabilitação de tartarugas capturadas, a realização de necropsias em mortes e a sensibilização dos trabalhadores sobre a importância da proteção das tartarugas e a adoção de medidas de mitigação (Pizetta et al., 2023).

Os resultados da pesquisa destacam a ampla utilização da energia nuclear, que vai além da geração de eletricidade, incluindo aplicações na medicina nuclear, conservação de alimentos e até na exploração espacial (Motter, 2018). No entanto, segundo Menezes et al. (2014), no contexto ambiental, particularmente em áreas próximas a usinas nucleares como a de Angra dos Reis – RJ, os impactos sobre as tartarugas marinhas são preocupantes. É necessário avaliar os impactos ambientais dessas usinas, especialmente sobre os organismos marinhos.

Outros fatores de risco incluem o trânsito de veículos nas praias, que pode compactar os ninhos das tartarugas, atropelar os filhotes e causar estresse nas fêmeas durante a desova. A poluição das águas, por elementos orgânicos e inorgânicos, também prejudica a alimentação e o ciclo de vida das tartarugas marinhas. O tráfego de embarcações representa uma ameaça de colisão para essas espécies (Santos, Silva e Souza, 2023).

Segundo notícias divulgadas no “Portal Bem Paraná”, uma pesquisa da UFPR (Universidade Federal do Paraná) destacou que a interação com embarcações é uma grave ameaça às tartarugas marinhas no Paraná, com 76 dos 153 casos de lesões registradas entre 2015 e 2022 atribuídos a colisões (Bem Paraná, 2024).

As tartarugas marinhas são espécies consideradas em perigo de extinção ou em perigo crítico de extinção, sendo de origem antrópica as principais causas de declínio dessas populações, como a poluição dos mares, além de outras práticas não sustentáveis. Sobre a biologia e reprodução das tartarugas marinhas em águas brasileiras, 5 espécies ocorrem no Brasil (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, e *Dermochelys coriácea*).

De acordo com Carvalho (2022) as tartarugas marinhas são consideradas organismos chave nos ecossistemas aquáticos, desempenhando papel fundamental na manutenção do equilíbrio do ecossistema marinho e na manutenção da biodiversidade. Estudos mostram que as tartarugas bioacumulam contaminantes, refletindo a contaminação ambiental resultante de atividades humanas. A pesquisa destaca ainda, a importância das tartarugas como bioindicadores em monitoramento ambiental e sugere que os achados podem influenciar futuras investigações sobre a contaminação por radionuclídeos em ecossistemas marinhos e terrestres (Conrad et al., 2023).

Pereira (2023) destaca o estudo de quatro espécies de Quelônios (Classificação biológica: classe Reptilia, ordem Chelonia), onde foi detectada fontes de radiação de locais que foram palcos de testes nucleares: as Ilhas Marshall e o deserto de Mojave, em Nevada, nos EUA, enquanto as outras duas vieram de locais contaminados por vazamentos de resíduos nucleares. A pesquisa conclui que, para garantir a proteção das tartarugas marinhas, é necessário um esforço conjunto que envolva a comunidade, as empresas e os órgãos governamentais.

Essas espécies, como *Chelonia mydas* e *Caretta caretta*, desempenham um papel essencial no equilíbrio dos ecossistemas marinhos (Carvalho, 2022). Estudos de Barros et al. (2020) mostram que a construção de barreiras marítimas na Usina Angra I é uma medida de mitigação para proteger a fauna local, mas ainda há desafios consideráveis devido à poluição térmica e ao tráfego de embarcações, que causam lesões e estresse às tartarugas.

4.2 RELATO DE EXPERIÊNCIA - PROJETO TARTARUGA VIVA

Uma experiência de visita técnica realizada em julho de 2022 na Central Nuclear Almirante Álvaro - CNAAA foi essencial para a compreensão das práticas de proteção e conservação das tartarugas marinhas. A visita técnica realizada na Usina Nuclear em Angra dos Reis teve como objetivo principal conhecer o seu processo de funcionamento. Foi um despertar na obtenção de novos conhecimentos e de uma forma não programada. A apresentação do Projeto Tartaruga Viva foi um conhecimento adicional e que motivou a pesquisa e escrita deste artigo. A visita proporcionou um aprendizado diferenciado para compreender o funcionamento da usina e os impactos potenciais sobre a vida marinha, especialmente as tartarugas marinhas.

O projeto "Tartaruga Viva", realizado em parceria com a Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Eletronuclear, visa monitorar essas populações, fornecendo dados importantes sobre seu comportamento e condições de saúde (Eletronuclear, 2024). As tartarugas marinhas também bioacumulam contaminantes, sendo bioindicadores eficientes para monitoramento ambiental, especialmente em relação à contaminação por radionuclídeos (Conrad et al., 2023). Os resultados obtidos ressaltam a urgência de ações de conservação e a importância de projetos como o "Tartaruga Viva", que não apenas protegem as tartarugas marinhas, mas também promovem a Educação Ambiental e a conscientização sobre a preservação dos ecossistemas marinhos.

4.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

No que diz respeito à Educação Ambiental, O "Manual de Ecossistemas Marinhos e Costeiros para Educadores" destaca a importância da educação ambiental na conservação dos ecossistemas marinhos e costeiros do Brasil, abordando a necessidade de um desenvolvimento sustentável e a proteção da biodiversidade. Dentro desse contexto, as tartarugas marinhas são destacadas como espécies vulneráveis que enfrentam diversos desafios.

O manual menciona que as construções altas e plantações no litoral aumentam o sombreamento das praias de desova das tartarugas, gerando um desequilíbrio nas populações de machos e fêmeas, uma vez que o sexo dos filhotes é determinado pela temperatura da areia onde os ovos são incubados. Além disso, a incidência de luz artificial nas praias desorienta as fêmeas durante a desova e os filhotes ao nascerem, dificultando sua locomoção em direção ao mar.

Além disso, o manual fornece informações sobre a conservação das tartarugas marinhas e busca capacitar educadores a promover a conscientização sobre os desafios que essas espécies enfrentam e a importância de sua proteção. O Plano de Ação Nacional para Conservação das Tartarugas Marinhas é uma estratégia para proteger as tartarugas marinhas no Brasil, elaborado por instituições como o ICMBio e a Fundação Pró-TAMAR. O plano propõe ações específicas, como a redução da captura incidental, pesquisas sobre a população e programas de sensibilização nas comunidades pesqueiras. Enfatiza a colaboração em fóruns internacionais. É um compromisso para integrar conservação, pesquisa e educação ambiental em prol da proteção dessas espécies ameaçadas (Marcodalvi et al., 2011).

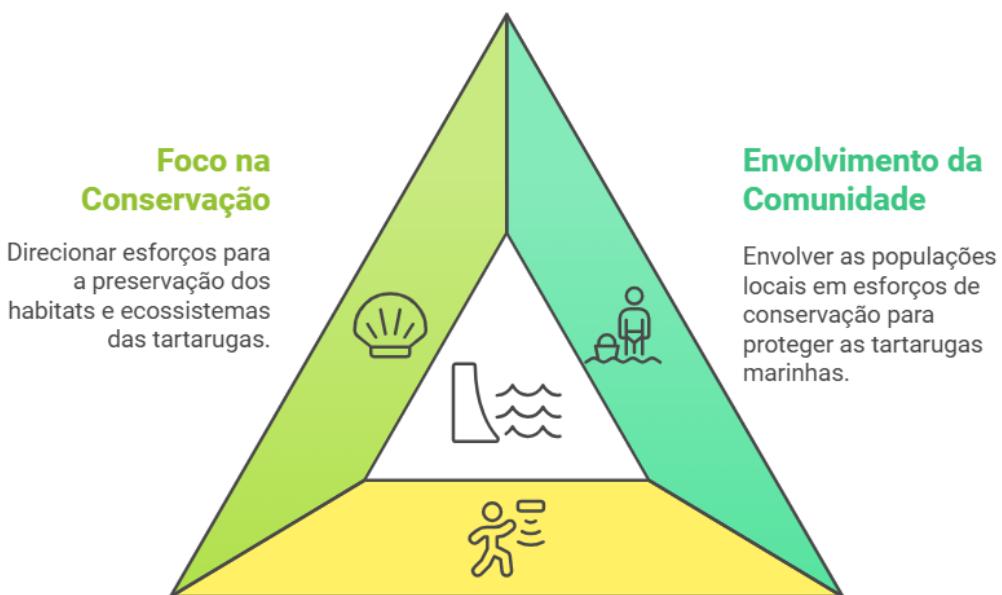
Para sensibilizar a sociedade sobre a importância da conservação das tartarugas marinhas, estratégias de educação ambiental são fundamentais. Por meio deste estudo, algumas estratégias são apresentadas no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Propostas de ações de Educação Ambiental para preservação das tartarugas marinhas.

Proposta	Estratégia de Educação Ambiental
Envolvimento Comunitário	Incentivar a participação ativa da comunidade local, especialmente em áreas costeiras, para resgatar tartarugas encalhadas e relatar avistamentos, como já feito no projeto "Tartaruga Viva"
Sensibilização em escolas da região	Inserir conteúdos sobre a importância ecológica das tartarugas marinhas e os impactos das atividades humanas no currículo escolar, com ênfase em atividades práticas.
Campanhas de conscientização e sensibilização	Realizar campanhas de conscientização voltadas para turistas e pescadores sobre a importância de preservar as praias e reduzir o uso de plásticos que afetam diretamente as tartarugas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Figura 2: Estratégias de Educação Ambiental para a preservação das tartarugas marinhas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A conservação das tartarugas marinhas exige ações integradas e estratégias educacionais que engajem diferentes atores sociais, com foco em práticas sustentáveis e comportamentos conscientes. O quadro apresenta três propostas de Educação Ambiental que estão alinhadas com princípios ecológicos e educativos descritos na literatura.

O envolvimento da comunidade local é um ponto potencializador para o sucesso das iniciativas de conservação. A participação ativa em projetos como o "Tartaruga Viva" aumenta a eficiência das ações de monitoramento e fomenta o sentimento de pertencimento e responsabilidade ambiental nos moradores das áreas costeiras. Segundo Dias e Castro (2020), a educação ambiental comunitária

fortalece a relação das pessoas com o território e promove uma cultura de conservação baseada em ações práticas e diretas. Além disso, Oliveira et al. (2021) destacam que ações de resgate de fauna marinha geram impactos positivos ao reduzir o tempo de exposição dos animais a condições adversas, aumentando suas chances de sobrevivência.

A inserção de conteúdos relacionados à preservação das tartarugas marinhas no currículo escolar contribui para a formação de uma geração mais consciente dos desafios ambientais. Atividades práticas, como visitas guiadas a praias ou centros de reabilitação de animais, tornam o aprendizado mais significativo e engajante. Como aponta Freire (1996), a educação deve ser um processo libertador, conectando teoria e prática para transformar a realidade. Moura e Santos (2019) reforçam que ações educativas em escolas têm impacto duradouro, especialmente quando crianças atuam como multiplicadores de conhecimentos em suas famílias e comunidades.

As campanhas de conscientização voltadas para turistas e pescadores são fundamentais para reduzir os impactos negativos dessas atividades humanas nas praias e nos oceanos. A sensibilização para a redução do uso de plásticos, por exemplo, está alinhada com o combate à poluição marinha, que é uma das principais ameaças às tartarugas (UNEP, 2022). Campanhas educativas com abordagens participativas, como oficinas e palestras, mostraram-se eficazes em aumentar a percepção ambiental e promover mudanças de comportamento (Silva et al., 2020).

As estratégias apresentadas no quadro destacam-se pela abordagem integrada e pela relevância para a conservação das tartarugas marinhas. O envolvimento comunitário, a educação formal e as campanhas direcionadas são pilares de uma Educação Ambiental transformadora. Para ampliar os impactos, é necessário que essas ações sejam contínuas, monitoradas e adaptadas às realidades locais. A literatura reforça que projetos de conservação bem-sucedidos combinam sensibilização, mobilização e empoderamento das populações envolvidas (MMA, 2020).

5 CONCLUSÃO

A Educação Ambiental abrange o potencial para sensibilizar a sociedade sobre a conservação das tartarugas marinhas, especialmente em áreas de influência de usinas nucleares. Essas regiões apresentam desafios complexos, incluindo impactos diretos, como a captura incidental em sistemas de resfriamento, e indiretos, como a bioacumulação de radionuclídeos nas tartarugas.

As estratégias discutidas neste artigo, como o envolvimento comunitário, a sensibilização em escolas e campanhas de conscientização, demonstram o potencial da educação ambiental para transformar atitudes e práticas, promovendo a conservação das tartarugas marinhas e, por extensão, a proteção dos ecossistemas marinhos. Projetos como o "Tartaruga Viva" destacam a eficácia das

parcerias entre comunidade, academia e setor industrial na mitigação de impactos e no fortalecimento de práticas de preservação.

Ademais, a integração de ações educacionais com medidas tecnológicas e regulatórias, como o aprimoramento de sistemas de resfriamento e o monitoramento ambiental contínuo, é imprescindível para a redução dos impactos sobre as populações de tartarugas. Essa abordagem reforça a necessidade de unir esforços entre diferentes atores sociais, incluindo governos, empresas e organizações não governamentais, para garantir a sustentabilidade das ações.

Por fim, este artigo contribui para a reflexão sobre o papel da educação ambiental como um elemento transformador na relação entre desenvolvimento tecnológico e conservação ambiental. A sensibilização das populações locais e a implementação de estratégias educacionais de longo prazo são cruciais para o equilíbrio entre o avanço energético e a preservação da biodiversidade marinha, especialmente em tempos de mudanças climáticas e aumento da pressão sobre os recursos naturais.

REFERÊNCIAS

BARROS, J. P.; CASILLAS, T. A. D. V.; RAMIRES, M. Projeto e construção da barreira marítima na usina Angra I: análise da proteção da fauna local. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.600, de 5 de dezembro de 2018. Estabelece a Política Nuclear Brasileira. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 235, p. 3, 6 dez. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9600.htm. Acesso em: 27 nov. 2024.

CARVALHO, Gabriel Domingos. Ecologia e conservação das tartarugas marinhas no litoral sul do Espírito Santo. Vitória, ES: Edifes, 2022.

CARVALHO, Regina Pinto de; OLIVEIRA, Silvia Maria Velasques de. Aplicações da energia nuclear na saúde. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2017. Disponível em: <https://www.ufmg.br/sbpc>. Acesso em: 11 out. 2024.

CONRAD, Cyler et al. Assinaturas de urânio antropogênico em tartarugas, jabutis e tartarugas marinhas de locais nucleares. *PNAS Nexus*, v. 2, n. 8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad241>. Acesso em: 22 set. 2024.

DIAS, R.; CASTRO, M. Educação ambiental comunitária: estratégias para a conservação da biodiversidade. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2020.

ECKERT, K. L.; BJORN DAL, K. A.; ABREU-GROBOIS, F. A.; DONNELLY, M. (Eds.). *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. Washington, D.C.: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, 1999. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1999-000.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2024.

ELETRONUCLEAR. Projeto Tartaruga Viva. Disponível em: <https://www.eletrouclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Paginas/Tartaruga-Viva.aspx>. Acesso em: 01 mai. 2024.

FARAH, Marcus; SEMPREBOM, Thais R.; SALMAZO, Julia R.; PEIRÓ, Douglas F. O desafio da sobrevivência das tartarugas marinhas. *Projeto Bioicos*, 15 mar. 2018. Disponível em: <https://www.bioicos.org.br/post/o-desafio-da-sobrevivencia-das-tartarugas-marinhas>. Acesso em: 13 dez. 2024.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

MARCOVALDI, Maria Ângela; LOPEZ, G. G.; SOARES, L. S.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; SANTOS, A. S. Plano de Ação Nacional para Conservação das Tartarugas Marinhas. Brasília: ICMBio, 2011. (Série Espécies Ameaçadas, n. 25). Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-tartarugas-marinhais/pan_tartarugas_marinhais_livro.pdf. Acesso em: 13 dez. 2024.

MARTINS, R. de A. Do urânio ao rádio: os Curie e os novos elementos radioativos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível em: <https://www.ghtc.usp.br/server/pdf/ram-CURIE-2b.PDF>. Acesso em: 27 nov. 2024.

MAZZILLI, B. P. Comportamento dos radionuclídeos no ecossistema. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipen.br/handle/123456789/27027>. Acesso em: 27 nov. 2024.

MENEZES, Maurilio F.; TURCI, Cássia C.; MEDEIROS, João A. Cs-137 in Sand and Seawater Samples from Piraquara Beach, Brazil: Discharge site of effluents from the Angra dos Reis Nuclear Power.

MOURA, T.; SANTOS, J. Educação ambiental nas escolas: impactos na formação de uma consciência ecológica. Educação em Revista, v. 35, n. 2, p. 123-140, 2019.

OLIVEIRA, A.; SILVA, F.; COSTA, R. Resgate de fauna marinha encalhada: um estudo de caso no litoral brasileiro. Journal of Coastal Conservation, v. 27, n. 1, p. 67-75, 2021.

PEREIRA, Caio César. Casos de tartarugas podem manter registros de atividade nuclear. Revista Superinteressante, 12 set. 2023. Disponível em: https://super.abril.com.br/ciencia/cascos-de-tartarugas-podem-manter-registro-de-atividade-nuclear/mobile#google_vignette. Acesso em: 08 ago. 2024.

SANTOS, A. J. B.; SILVA, A. C. C. D.; SOUZA, G. M. A. Impactos antrópicos na conservação das tartarugas marinhas: um estudo de caso na Praia de Enseadinha, Pernambuco. Revista Brasileira de Ecologia, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354365973_A_IMPORTANCIA_ECOLOGICA_DA_CONSERVACAO_DAS_TARTARUGAS_MARINHAS. Acesso em: 27 nov. 2024.

SILVA, L.; GOMES, R.; PEREIRA, T. Estratégias de sensibilização ambiental para pescadores: um estudo de caso no Nordeste do Brasil. Gestão Costeira Integrada, v. 8, n. 1, p. 92-108, 2020.

SOUZA, Matilde de; FERREIRA, Leandro G. F. Os resíduos nucleares e os seus desafios. Mundorama, 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/33356483/mundorama_net_Os_res%C3%ADduos_nucleares_e_os_seus_desafios_por_Matilde_de_Souza_amp_Leandro_G_Ferreira_pdf. Acesso em: 27 nov. 2024.

UNEP - United Nations Environment Programme. Marine Plastic Pollution: Challenges and Solutions. Nairobi: UNEP, 2022.