



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**BRANQUEAMENTO DE CORAIS (CNIDARIA: SCLERACTINIA) EM RECIFES DE
CORAIS E AMBIENTES RECIFAIS BRASILEIROS: UMA REVISÃO**

Autor: Wesley Andersson Costa Soares.

CUITÉ-PB

2023

WESLEY ANDERSSON COSTA SOARES

**BRANQUEAMENTO DE CORAIS (CNIDARIA: SCLERACTINIA) EM RECIFES DE
CORAIIS E AMBIENTES RECIFAIIS BRASILEIROS: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso TCC (monografia) apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Educação e Saúde (CES), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como um dos requisitos para obter o grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Michelle Gomes Santos.

CUITÉ-PB

2023

S676b Soares, Wesley Andersson Costa.

Branqueamento de corais (Cnidaria: Scleractinia) em recifes de corais e ambientes recifais brasileiros: uma revisão. / Wesley Andersson Costa Soares. - Cuité, 2023.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Michelle Gomes Santos".

Referências.

1. Biologia marinha. 2. Branqueamento de corais. 3. Cnidari: Scleractinia. 4. Recife de corais - branqueamento. 5. Zooxantelas. 6. Corais - branqueamento - aquecimento global. I. Santos, Michelle Gomes. II. Título.

CDU 574.5(043)

WESLEY ANDERSSON COSTA SOARES


**BRANQUEAMENTO DE CORAIS (CNIDARIA: SCLERACTINIA) EM RECIFES DE
CORAIS E AMBIENTES RECIFAIS BRASILEIROS: UMA REVISÃO**


Trabalho de Conclusão de Curso TCC (monografia) apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Educação e Saúde (CES), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como um dos requisitos para obter o grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em 09/11/2023.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Michelle Gomes Santos
(Orientadora – CES/UFCG)


Prof. Dr. Marcus José Conceição Lopes
(Examinador – CES/UFCG)


Prof.^a Sânzia Viviane Farias Ferreira Cunha
(Examinadora - ECIOVS)

DEDICO,

Aos meus pais José Uilde e Rita de Cássia e a
minha noiva Sofia Teresa de Carvalho, por
estarem comigo durante toda a caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, força e sabedoria concedidas durante toda a minha jornada.

Aos meus pais José Uilde e Rita de Cássia, a minha irmã Maria Leticia e à minha noiva Sofia Teresa de Carvalho, que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos, meu mais sincero agradecimento.

À minha orientadora, Michelle Gomes Santos, expresso minha profunda gratidão por sua orientação, paciência e apoio durante a realização deste trabalho.

Agradeço à banca examinadora, Marcus José Conceição Lopes e Sânzia Viviane Farias Ferreira Cunha, que dedicaram seu tempo, atenção e conhecimento para avaliar este trabalho.

Aos professores do curso de licenciatura em Ciências Biológicas CES/UFCG, agradeço pela dedicação e pelos ensinamentos valiosos que contribuíram para minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Campina Grande, ao Centro de Educação e Saúde, por proporcionar o ambiente e os recursos necessários para o meu desenvolvimento acadêmico.

“Porque para mim tenho por certo que os sofrimentos do tempo presente, não podem ser comparados com a glória a ser revelada em nós.”

(Romanos 8:18)

RESUMO

O branqueamento de corais é um fenômeno que ocorre quando esses organismos, sofrem algum tipo de estresse, que pode estar relacionado a mudanças de temperatura, luz ou nutrientes. Sob estresse, os corais expulsam as algas simbióticas chamadas zooxantelas que vivem em seus tecidos e fornecem aos corais a maior parte de sua energia e cor. O presente trabalho teve como objetivo revisar, com base na literatura científica, as produções do conhecimento sobre o fenômeno do branqueamento dos corais (Cnidaria: Scleractinia) no Brasil, publicadas nos últimos dez anos. Este trabalho adotou uma metodologia exploratória e dissertativa, com foco na realização de uma revisão bibliográfica. O método empregado envolveu a coleta de diversos estudos para o tema em questão. Esses trabalhos foram então analisados cuidadosamente para determinar sua adequação e relevância para a síntese da revisão bibliográfica no período de agosto a outubro de 2023. Este processo permitiu uma análise aprofundada e crítica dos estudos existentes, proporcionando uma compreensão mais completa acerca do tema. Foram encontrados 20 trabalhos, que incluem dissertações (de graduação, mestrado e doutorado) e artigos científicos. A ideia predominante encontrada nos trabalhos a respeito do tema foi a de que, o branqueamento de corais está estritamente ligado ao aumento da temperatura superficial do mar, que por sua vez está ligada ao aquecimento global. No entanto, há uma carência de estudos que busquem soluções práticas e aplicáveis para prevenir esse fenômeno, isso mostra a urgência de mais pesquisas voltadas para a proteção dos corais.

Palavras-chave: cnidários; degradação de recifes; zooxantelas; aquecimento global.

ABSTRACT

Coral bleaching is a phenomenon that occurs when these organisms undergo some type of stress, which may be related to changes in temperature, light, or nutrients. Under stress, corals expel the symbiotic algae called zooxanthellae that live in their tissues and provide corals with most of their energy and color. The present work aimed to review, based on scientific literature, the productions of knowledge about the phenomenon of coral bleaching (Cnidaria: Scleractinia) in Brazil, published in the last ten years. This work adopted an exploratory and dissertative methodology, focusing on conducting a literature review. The method employed involved the collection of various studies for the topic in question. These works were then carefully analyzed to determine their suitability and relevance for the synthesis of the literature review from August to October 2023. This process allowed a deep and critical analysis of existing studies, providing a more complete understanding of the topic. 20 works were found, which include dissertation (undergraduate, master's and doctoral) and scientific articles. The prevailing idea found in the works on the subject was that coral bleaching is strictly linked to the increase in sea surface temperature, which in turn is linked to global warming. However, there is a lack of studies seeking practical and applicable solutions to prevent this phenomenon, this shows the urgency of more research aimed at protecting corals.

Keywords: cnidarians; reef degradation; zooxanthellae; global warming.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Colônias de <i>Siderastrea stellata</i> em diferentes estados de saúde	12
FIGURA 2- Biodiversidade gerada em ambiente recifal da região de Abrolhos – BA.	14
FIGURA 3- Possíveis cenários estimados até 2100, da temperatura média do planeta	41

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Listagem dos trabalhos pesquisados sobre branqueamento de corais	22
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- Distribuição dos trabalhos sobre branqueamento de corais (n=20) de acordo com o tipo	21
--	----

SUMÁRIO

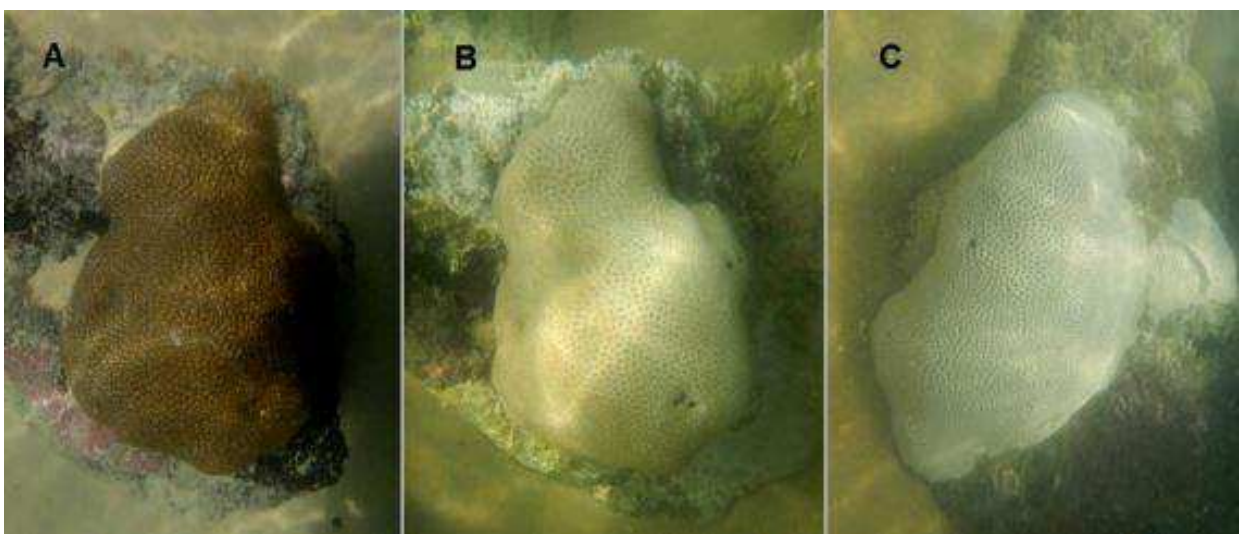
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	16
2.1. GERAL	16
2.2. ESPECÍFICOS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. BIOLOGIA DOS RECIFES DE CORAIS	17
3.2. AMEAÇAS AOS AMBIENTES RECIFAIS	17
4. METODOLOGIA	19
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	19
4.2. PERCURSO METODOLÓGICO	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1. ASPECTOS QUANTITATIVOS GERAIS	21
5.2. PRINCIPAIS LINHAS DE PESQUISA SOBRE BRANQUEAMENTO DE CORAIS.....	26
5.3. PERSPECTIVAS PARA PESQUISA DE BRANQUEAMENTO DE CORAIS .	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Trabalhar a temática do fenômeno de branqueamento de corais é um desafio para a ecologia moderna. Porém, a divulgação e atualização de informações de qualidade são de extrema relevância para o embasamento das ações.

Quando os corais estão sob estresse, eles perdem suas algas simbióticas, conhecidas como zooxantelas, e revelam seu esqueleto de calcário. Este fenômeno é chamado de branqueamento de corais. Este evento tem sido observado em muitos recifes ao redor do mundo e está principalmente associado ao aquecimento global (BRUSCA; MOORE; SCHUSTER, 2018). Os corais mantêm uma relação simbiótica com as zooxantelas, que desempenham um papel crucial na nutrição das espécies (VILLAÇA, 2009). Se essa simbiose for interrompida por meio da saída ou morte das zooxantelas, o coral pode perder quase toda a sua cor, levando ao fenômeno do branqueamento. Este processo é geralmente uma resposta a estresses ambientais. Assim, o branqueamento é uma reação dos corais a condições oceânicas e climáticas anormais onde a temperatura não é o único fator predominante para a ocorrência deste fenômeno, mas também turbidez da água, sedimentação e eutrofização são exemplos dessas condições. Após este estresse, algumas colônias conseguem recuperar a sua coloração ou pode ocorrer a mortalidade de corais menos resilientes (BROWN, 1997; FITT *et al.*, 2001).

Figura 1: Colônias de *Siderastrea stellata* em diferentes estados de saúde. (A) colônia saudável. (B) colônia pálida. (C) colônia em estado de branqueamento.



Fonte: NASCIMENTO, 2019.

Segundo Ruppert, Fox e Barnes (2005), os corais são animais marinhos que pertencem ao grupo dos cnidários e que produzem um esqueleto calcário que forma os recifes. Eles podem viver isolados ou em colônias e apresentam diversas formas, tamanhos e cores.

O filo Cnidaria diz respeito a animais especificamente aquáticos, em sua maioria marinhos, com uma pequena parcela desses animais conseguindo adentrar com êxito nas águas doces. Dentre esses animais podemos citar medusas, caravelas, anêmonas do mar e os próprios corais, que por sua vez, pertencem a classe Anthozoa, que também engloba as anêmonas do mar, e constitui a maior classe dentro dos Cnidaria possuindo mais de 6 mil espécies que se distinguem dos demais cnidários por terem uma vida inteiramente sésil, são formados por um grande grupo de pequenos corpos denominados de pólipos. Os pólipos são estruturados em forma de cilindros que possuem uma extremidade oral que compreende boca e tentáculos orientados para cima e uma extremidade aboral fixa ao substrato (RUPPERT; FOX; BARNES, 2005).

Os corais apresentam duas formas de alimentação: beneficiam-se da relação de simbiose com microalgas conhecidas como zooxantelas, que fornecem alimento para os corais e por heterotrofia, quando esses organismos estendem seus tentáculos e capturam organismos zooplanctônicos (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2009).

As zooxantelas são organismos unicelulares fotossintetizantes (microalgas), em sua relação mutualística com os corais elas podem oferecer nutrientes e oxigênio, enquanto que os corais providenciam abrigo e proteção, elas também são responsáveis por absorver o dióxido de carbono liberado pelos pólipos. A associação mutualística entre o coral, o hospedeiro, e a zooxantela, alga simbiote, é de extrema importância para a vida dos corais, uma vez que, a zooxantela pode suprir até aproximadamente 90% das necessidades nutricionais do coral (MUSCATINE; McCLOSKEY; MARIAN, 1981).

Os corais zooxantelados (Cnidaria, Scleractinia) são os principais construtores recifais e apresentam relações simbióticas com diversos organismos dos três domínios da vida, eucariotos, bactérias e arqueias, além dos vírus (ROHWER *et al.*, 2002). Os recifes de corais constituem um dos ecossistemas marinhos de maior biodiversidade e produtividade do planeta, dentre os ecossistemas marinhos, os recifes de corais são considerados altamente produtivos, diversos e complexos (CONNELL, 1978; VILLAÇA, 2009).

Figura 2: Biodiversidade gerada em ambiente recifal da região de Abrolhos – BA.



Fonte: EcoNordeste, 2023.

Dada a importância geral dos corais para o ambiente marinho, a degradação dos ecossistemas recifais vem causando uma grande preocupação mundialmente, devido a sua importância socioeconômica e ecológica (PALUMBI *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, os recifes de corais têm sofrido degradação devido a atividades humanas em níveis locais e globais. Ações como extração de carbonato de cálcio para construção civil, sedimentação devido ao desmatamento, poluição por resíduos sólidos, efluentes industriais e domésticos, turismo desordenado, práticas de esportes náuticos e mergulho recreativo ou científico podem gerar impacto negativo a esse ecossistema. (ADEY, 2000; CESAR *et al.*, 2003; FERREIRA *et al.*, 2006). Em concomitância com esses fatores podemos citar a contaminação por microplásticos, que pode intensificar o estresse nos corais, tornando-os mais vulneráveis ao branqueamento e a doenças. (LAMB *et al.*, 2018; REICHERT *et al.*, 2019).

Dentro de todos os fatores antropogênicos que podem levar ao branqueamento de corais podemos citar a variação de temperatura na terra, que é cíclica e ocorre desde os primórdios, entretanto com a ação antropogênica da humanidade atual, essa variação tem sido mais desordenada e mais violenta do que o normal, classificando assim o aumento atual da temperatura global como um fenômeno não natural. Apesar de, ao longo do tempo geológico, o clima da Terra estar em constante oscilação, ressalta-se que o perigo vinculado às atuais

mudanças climáticas está relacionado, principalmente, à velocidade, mas também à magnitude das mudanças impostas pelas ações antrópicas (BRIGHT, 1997).

O estudo e a propagação do conhecimento acerca dos corais é de extrema importância e independe do local ao qual é realizado. Sintetizar pesquisas, trabalhos e projetos relacionados a essa temática, reforçam o valor desses seres, sejam eles direcionados a economia como turismo e pesca, ou valores ecológicos ligados a biodiversidade. Essas características fazem com que mudanças envolvendo os ambientes nos quais os corais habitam gerem consequências no globo terrestre de maneira geral e não só em regiões de litoral. Por tanto a relevância de estudar corais em Cuité - PB está relacionada a propagação do conhecimento desses organismos afim de gerar consequências positivas em prol da sua conservação e preservação.

Dentro da premissa de que as altas temperaturas que o globo terrestre vem apresentando estão ligadas as ações do homem, como a liberação de gases do efeito estufa na atmosfera por meio de queima de combustíveis fósseis, agricultura e desmatamento, existe uma importância significativa relacionada a alertar e ensinar sobre os riscos das ações antrópicas. Projetos em escolas que visam orientar estudantes de ensino fundamental e médio a mudar hábitos que gerem poluição e corroborem para o aquecimento global, se tornam essenciais e somam esforços com outros trabalhos ligados direta ou indiretamente a preservação da biodiversidade terrestre.

Sabendo da importância dos corais para a homeostase ecológica e tendo conhecimento das dificuldades enfrentadas por esses seres ao decorrer dos anos em prol de sua sobrevivência, o presente trabalho buscou encontrar por meio de uma revisão de literatura as possíveis causas do branqueamento em massa dos corais, com o intuito de passar adiante este conhecimento a fim de facilitar e direcionar pesquisadores futuros.

2.OBJETIVOS

2.1. GERAL

Revisar, com base na literatura científica, as produções do conhecimento sobre o fenômeno do branqueamento dos corais (Cnidaria: Scleractinia) no Brasil, publicadas nos últimos dez anos.

2.2. ESPECÍFICOS

- Levantar dados bibliográficos acerca do conhecimento sobre o tema proposto;
- Identificar as principais linhas de pesquisa relacionadas ao fenômeno do branqueamento;
- Analisar criticamente as perspectivas para futuras pesquisas da temática.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. BIOLOGIA DOS RECIFES DE CORAIS

Os corais pertencem ao Filo Cnidaria, uma classificação que se deve à presença de cnidócitos, células urticantes que podem causar queimaduras ao entrar em contato com a pele. Eles são metazoários, multicelulares, com simetria radial e um alto grau de polimorfismo. Alguns corais obtêm parte de sua nutrição através de algas simbióticas chamadas zooxantelas, enquanto outros se alimentam de organismos planctônicos, capturados por meio de seus tentáculos (BRUSCA; BRUSCA, 2007; CASTRO; HUBER, 2012).

Os recifes de coral são habitats de maior diversidade biológica marinha. Possui também papel de proteção da região costeira e compreende uma complexa teia alimentar marinha (CASTRO; HUBER, 2012; GUTIÉRREZ *et al.*, 2011). Esses habitats no Brasil se estendem por aproximadamente 3.000 km, com uma concentração na costa tropical do Nordeste. Eles são distintos dos encontrados em outros lugares ao redor do mundo, pois são exclusivos do Atlântico Sul e têm sua superfície coberta por algas e marcas de zoantídeos. (LEÃO; DOMINGUEZ, 2000; AMARAL; JABLONSKI, 2005; AMARAL *et al.*, 2009; SOUZA, 2016).

Os corais são organismos marinhos fascinantes que desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade dos oceanos. Eles são conhecidos por suas cores vibrantes e formas diversas, que são o resultado de uma relação simbiótica com algas chamadas zooxantelas. Corais são, na verdade, colônias de pequenos animais chamados pólipos. Cada pólipo secreta um exoesqueleto de carbonato de cálcio, que contribui para a estrutura sólida do coral. Esses pólipos têm tentáculos que usam para capturar pequenos organismos e se alimentar, embora a maior parte da nutrição dos corais seja obtida da sua relação com as zooxantelas.

3.2. AMEAÇAS AOS AMBIENTES RECIFAIS

Cerca de 38% da população total do Brasil reside e trabalha na região costeira. Essa concentração populacional tem causado a desintegração dos ecossistemas e a deterioração da qualidade ambiental, muitas vezes perturbando os modos de vida tradicionais dos pescadores locais (MELO *et al.*, 2006).

A contaminação dos mares foi negligenciada por um período extenso devido à ausência de conhecimento e estratégias de gestão. Atualmente, é reconhecida como uma ameaça grave e em ascensão em escala global. (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

As principais ameaças encontradas incluem mudanças climáticas, elevação do nível do mar, aumento dos níveis de dióxido de carbono e outras. Essas mudanças podem resultar em doenças nos corais e afetar seu desempenho em seu nicho ecológico (FALINI; FERMANI; GOFFREDO, 2015; PASQUINI *et al.*, 2017).

O branqueamento dos corais é um fenômeno preocupante que pode ser desencadeado por várias ameaças além do aquecimento global. A poluição da água, por exemplo, pode introduzir substâncias tóxicas no ambiente marinho que são prejudiciais aos corais. Isso pode incluir escoamento agrícola, descarte inadequado de resíduos e derramamentos de óleo. A pesca excessiva e práticas destrutivas também são uma grande ameaça. A remoção excessiva de certas espécies pode perturbar o equilíbrio do ecossistema do recife, enquanto práticas como a pesca com dinamite ou cianeto podem causar danos físicos diretos aos corais. O desenvolvimento costeiro é outra ameaça significativa, a construção ao longo das linhas costeiras pode levar à remoção de habitats costeiros importantes, como manguezais, que atuam como barreiras naturais protegendo os recifes de coral de sedimentos e poluentes. Além disso, a construção de estruturas no oceano, como portos e marinas, pode causar danos físicos diretos aos recifes de coral.

Cada uma dessas ameaças pode causar estresse nos corais, tornando-os mais suscetíveis ao branqueamento. É crucial que essas questões sejam abordadas através de regulamentações rigorosas e práticas sustentáveis para proteger e preservar nossos valiosos recifes de coral.

4. METODOLOGIA

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho se tratou de uma revisão de literatura, feita acerca do tema branqueamento de corais. Uma revisão de literatura pode ser entendida como o processo de busca, análise e descrição que procura fornecer uma visão geral ou detalhada sobre um tópico específico, evidenciando ideias, métodos e subtemas na literatura selecionada (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008). De acordo com Bento (2012) a revisão dos estudos relacionados é uma etapa fundamental da pesquisa, que envolve a busca, análise, síntese e interpretação de estudos anteriores publicados em fontes acadêmicas, como revistas, artigos, livros, resumos e outros. A análise bibliográfica é importante porque permite identificar o estado atual do conhecimento sobre um determinado assunto e as lacunas na pesquisa existente. Além disso, a avaliação de trabalhos anteriores ajuda a fornecer uma base teórica para o estudo e a justificar sua importância

As revisões de literatura têm como objetivo realizar uma “varredura” de informações sobre um tema, para que seja feito um levantamento de dados e uma discussão que pode ser realizada em prol de responder alguma pergunta ou criar um trabalho capaz de informar e passar o conhecimento de um determinado assunto adiante.

“Cada investigador analisa minuciosamente os trabalhos dos investigadores que o precederam e, só então, compreendido o testemunho que lhe foi confiado, parte equipado para a sua própria aventura” (Cardoso, 2010, p. 7).

No estudo de investigação a revisão de literatura possui alguns propósitos, como: delimitar o problema de investigação afim de não fugir do tema proposto pelo projeto ou trabalho, buscar novas linhas de investigação com base em todo o material científico que foi selecionado, evitar abordagens infrutíferas, ganhar perspectivas metodológicas e identificar recomendações para pesquisadores futuros (BENTO, 2012).

4.2. PERCURSO METODOLÓGICO

A base de dados que foi consultada para encontrar os trabalhos que compuseram esta revisão foi o Google Acadêmico®. Os trabalhos obtidos foram estudados, em prol de analisar os mais adequados para a síntese desta revisão de literatura. A elaboração da revisão contou

com trabalhos realizados nos últimos 10 anos, tendo como foco principal os projetos feitos no Brasil.

Todos os trabalhos foram baixados no *Portable Document Format* (Formato Portátil de Documento – PDF) e foram salvos em um computador pessoal. Os descritores utilizados foram: <recifes>, <branqueamento>, <corais>, <ambientes recifais>, <costa brasileira>, <litoral> e <ambientais>, gerando combinações como branqueamento de corais na costa brasileira, branqueamento de corais e mudanças ambientais, branqueamento de corais em ambientes recifais do litoral brasileiro, dentre outros. O período do levantamento dos dados foi de agosto a outubro de 2023.

Inicialmente os dados foram trabalhados quantitativamente, determinando-se as frequências simples de acordo com a natureza do trabalho, a saber: trabalhos acadêmicos (monografias), trabalhos da pós graduação (dissertações e teses) e artigos científicos publicados em revistas especializadas, com o devido registro do endereço eletrônico de cada obra.

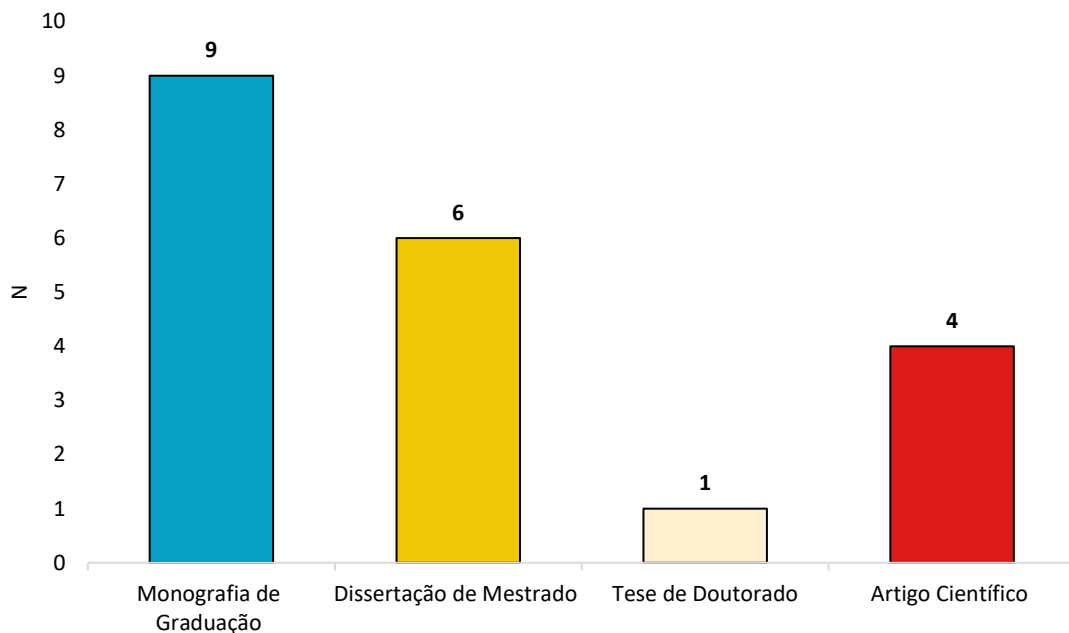
Em sequência, procedeu-se à análise de conteúdo de cada obra com vistas à identificação dos principais achados sobre o branqueamento e identificação das principais linhas de pesquisa levantadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ASPECTOS QUANTITATIVOS GERAIS:

Foram encontrados 20 trabalhos, os quais a maioria se tratavam de monografias de graduação, enquanto que o tipo de trabalho menos encontrado foi o de tese de doutorado (gráfico 1).

Gráfico 1 – Distribuição dos trabalhos sobre branqueamento de corais (n=20) de acordo com o tipo.



Fonte: Dados do autor, 2023.

Esse fenômeno pode ocorrer em prol de algumas variáveis. No Brasil, há uma rica história de pesquisa em recifes de corais, com muitos pesquisadores dedicando suas carreiras a entender esses ecossistemas complexos. No entanto, pode ser surpreendentemente difícil encontrar teses de doutorado brasileiras específicas sobre o branqueamento de corais, pois, as pesquisas em corais no Brasil podem estar focadas em outras áreas além do branqueamento em si. Existem muitos aspectos dos ecossistemas de corais que são importantes para a pesquisa, incluindo a sua biodiversidade, ecologia e a sua conservação, ademais, nem todas as teses de doutorado são publicadas online ou estão disponíveis para o público, algumas podem estar disponíveis apenas através de bibliotecas universitárias ou requerem uma assinatura para acessar. Essas são apenas algumas possíveis explicações e podem não abranger todas as razões.

Todos os respectivos trabalhos foram encontrados na plataforma Google Acadêmico® (quadro 1).

Quadro 1 – Listagem dos trabalhos pesquisados sobre branqueamento de corais.

Item	Autores e Ano	Título	Endereço
1	ALINE ROEPKE LOSS CORREIA; BRUNO CALIXTO GABLER (2022)	Recifes de corais e os impactos da ação antropogênica coral reefs and the impacts of anthropogenic action	https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1000/967
2	AMANDA BARRETO CAMPOS (2020)	Infecções virais e o branqueamento de corais	https://repositoriohml.ufba.br/bitstream/ri/33372/1/VERSAO-FINAL_CAMPOSAMANDA_dissertacao_ppgecobio_2020-05-21_ABC.pdf
3	BRUNA RAFAELA SOUSA DE OLIVEIRA (2022)	Sensibilidade da comunidade da meiofauna às ondas de calor e eventos de branqueamento mais intensos já registrado nos recifes do Atlântico Sudoeste	https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/48695/1/TCC%20Bruna%20Rafaela%20Sousa%20de%20Oliveira.docx.pdf
4	DANILO SILVA LISBOA (2016)	Previsão do branqueamento dos corais no complexo recifal dos Abrolhos-BA: uma abordagem bayesiana visando suporte à gestão ambiental	https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/21572/1/Danilo%20Lisboa%20Disserta%20%a7%20c3%20a3o.pdf
5	DANILO SILVA LISBOA (2020)	Previsão probabilística do branqueamento dos corais: aspectos teóricos e práticos para o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce para recifes do oceano Atlântico	https://repositorio.ufba.br/handle/ri/33276

6	DOUGLAS FRANCISCO MARCOLINO GHERARDI; LUIZ EDUARDO DE SOUZA MORAES; LILIAN ANNE KRUG (2015)	Desenvolvimento de um modelo previsão do branqueamento de corais em escala global	http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0474.pdf
7	ITALO CESAR CAMELO SOARES LIMA (2015)	Branqueamento de corais e mudanças ambientais: estudo de caso de 3 anos no Atlântico Equatorial	https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/34351/1/2015_tcc_icclima.pdf
8	JANDSON LUCAS CAMELO DA SILVA (2021)	Monitoramento da cobertura de corais (cnidaria: scleractinia) no ambiente recifal do Cabo Branco (João Pessoa) durante processo de intervenção antropogênica	http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/21494/JANDSON%20LUCAS%20CAMELO%20DA%20SILVA%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20CI%3%8aNCIAS%20BIOL%3%93GICAS%20CES%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9	JESSICA BLEUEL (2020)	Corais brasileiros e mudanças climáticas globais: projeções futuras e hotspots de vulnerabilidade	https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/30316/1/Coraisbrasileirosmudancas_Bleuel_2020.pdf
10	KLÉBIA DE LIMA CRUZ (2014)	Ameaças aos ambientes recifais: trabalhando a proteção dos ambientes marinhos junto aos alunos do ensino médio de Cuité - PB	http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/9999/KLEBIA%20DE%20LIMA%20CRUZ%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20CI%3%8aNCIAS%20%20BIOL%3%93GICAS%202014.pdf?sequence=3&isAllowed=y

11	LAURA DE AZEREDO SANTOS; BÁRBARA CASTRO ALVES DA SILVA; KARINA CARDOSO RAMOS SILVA; RENAN COSTA DOS SANTOS; ESTERFANI MELO DE SOUSA; RAQUEL DE AZEREDO MUNIZ; AMILCAR BRUM BARBOSA (2021)	Branqueamento de corais e outros cnidários bentônicos no costão rochoso da Praia do Forno (Arraial do cabo, RJ) durante as anomalias térmicas das águas superficiais do oceano ocorridas nos meses de fevereiro e maio de 2019	https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/15892/13211
12	LETÍCIA RODRIGUES COSTA (2019)	A influência do branqueamento em corais sobre a geoquímica carbonática em uma zona entremarés na costa de Fortaleza-CE	https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/50252?locale=en
13	LOUIZE FREYRE DA COSTA CORREIA (2016)	Padrão de branqueamento de <i>Siderastrea stellata</i> (verril, 1868) em dois complexos recifais areníticos do Atlântico Sul.	https://antigo.monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/2465/1/BranqueamentoSiderastrea_Correia_2016.pdf
14	LUAN MEDEIROS SANTOS (2017)	Monitoramento da cobertura coralínea do ambiente recifal da Praia do Cabo Branco, João Pessoa-PB	http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/7331/LUAN%20MEDEIROS%20SANTOS%20-TCC%20LICENCIATURA%20EM%20CI%c3%8a%20NCIAS%20BIOL%c3%93GICAS%20CES%202017.pdf?sequence=3&isAllowed=y
15	MARCELO DE OLIVEIRA SOARES; EMANUELLE FONTENELE RABELO (2014)	Primeiro registro de branqueamento de corais no litoral do Ceará (ne, Brasil): indicador das mudanças climáticas?	https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/8631/6038

16	SAMIRA DA CONCEIÇÃO SABADINI (2017)	Suscetibilidade dos recifes de Abrolhos aos eventos de branqueamento de corais	https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-AV4MZQ/1/dissertacao_samira_sabadini_final.pdf
17	TIAGO ALBUQUERQUE (2014)	Avaliação do impacto do branqueamento no potencial construtor de uma comunidade de corais	https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/21544/1/Dissertacao%20Tiago%20Albuquerque.pdf
18	VERENA HENSCHEN MEIRA (2020)	Onda de calor altera mudança de fase em recife de coral	https://repositoriohml.ufba.br/bitstream/ri/34028/1/DISSERTAO_Verena_Henschen_Meira_2020%20%281%29.pdf
19	WILDNA FERNANDES DO NASCIMENTO (2019)	Saúde do coral <i>Siderastrea stellata</i> e sua relação com variáveis ambientais em poças de maré do Rio Grande do Norte	https://antigo.monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/10407/1/SA%20C3%209ADE%20DO%20CORAL%20Siderastrea%20stellata%20E%20SUA%20RELA%20C3%2087%20C3%2083O%20COM%20VARI%20C3%2081VEIS%20AMBIENTAIS%20EM%20PO%20C3%2087AS%20DE%20MAR%20C3%2089%20DO%20RIO%20GRANDE%20DO%20NORTE.pdf
20	YASMIN NASCIMENTO DE BARROS (2019)	Mudanças ambientais e recifes tropicais urbanos: branqueamento de corais resistentes, algas filamentosas e sedimentos	https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50909/1/2019_tcc_yndbarros.pdf

Fonte: Dados do autor, 2023.

Grande parte dos trabalhos que foram documentados possuíam objetivos e metodologias muito próximas. Os pesquisadores se concentraram em monitorar os corais e identificar branqueamentos e as possíveis causas desses branqueamentos. Na maioria dos monitoramentos também ocorreram semelhanças em relação as causas determinantes para o branqueamento que em suma apontaram para o aquecimento superficial da temperatura do mar e aumento da temperatura global associado ao aquecimento global e ações antrópicas.

5.2. PRINCIPAIS LINHAS DE PESQUISA SOBRE BRANQUEAMENTO DE CORAIS

Incontáveis pesquisas mostram e comprovam as importâncias gerais dos recifes de corais, sejam elas econômicas ou ambientais, no que se refere as importâncias econômicas, Correia e Glaber (2022) destacam de imediato a ampla gama de peixes que se encontram nos recifes de corais e são utilizados na alimentação do homem, falam também da beleza que esses ambientes possuem atraindo assim a atenção de turistas. Logo em seguida falam o quão frágeis podem ser estes organismos.

“Os recifes de corais são ecossistemas que abrigam inúmeras espécies, e que são de extrema importância ambiental, social e econômica. Fornecem peixes que são amplamente consumidos pelo homem e também atraem turistas que se encantam com as estruturas naturalmente construídas. Em contrapartida, são facilmente agredidos por variações de temperatura marinha e por ação do homem.” (Correia; Glaber, 2022, p.2).

O complexo dos recifes dos Abrolhos, localizado entre a Bahia e o Espírito Santo compreende o maior aglomerado de recifes de corais do país. Por ser o maior do Brasil também acaba sendo o mais atingido e um dos principais problemas enfrentados é o branqueamento dos corais, que, se persistente, pode levar a morte e a desestruturação do recife (CORREIA; GLABER, 2022).

A pesquisa realizada nos recifes dos Abrolhos, buscou exteriorizar algumas características importantes dos recifes de corais e características importantes para a manutenção desses ambientes, pondo em destaque o Parque Nacional Marinho de Abrolhos. Dentro da premissa de que é importante conhecer os principais causadores da deterioração do ambiente para que possa ser aplicado métodos de manutenção precisos, O trabalho expõe as agressões que podem gerar um impacto significativo no desenvolvimento e na sobrevivência dos corais da Região dos Abrolhos, dentre essas agressões podemos citar: alterações climáticas, variações no nível do mar e aumento na temperatura dos oceanos. Mas entre todas as agressões, a que gera impacto mais significativo é a ação antropogênica. Em Abrolhos, de forma mais específica, a extensa exploração turística do local causa impacto significativo (CORREIA; GLABER, 2022).

A atividade turística e a pesca são duas forças motrizes na região de Caravelas e Prado, ambas com vasta influência no ecossistema local. A pesca, em particular a de camarão, é uma atividade econômica vital que envolve cerca de 65% da população local. Além disso, a coleta

de moluscos e crustáceos é uma prática comum que, infelizmente, tem um efeito prejudicial direto na saúde dos recifes.

De maneira geral trabalhos que associam o branqueamento de corais a outros fatores que não envolvam temperatura, são raros e em sua maioria se tratam de pesquisas regionais, onde pequenos aglomerados de corais específicos de uma determinada região são estudados.

Tendo em visto as informações que foram expostas, a principal causa de branqueamento no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos são ações antropogênicas, ligadas ao turismo e pesca (CORREIA; GLABER, 2022).

Alguns trabalhos expõem novos pontos de vista a respeito do branqueamento dos corais. Campos (2020) expõe que, o branqueamento dos corais pode ocorrer em prol de dois mecanismos, por estresse oxidativo e por infecção bacteriana. O branqueamento por estresse oxidativo ocorre quando há uma super-produção de compostos químicos oxidantes pelas zooxantelas, os quais se difundem para o tecido do coral. Esse processo causa um estresse oxidativo no coral, o qual expulsa a zooxantela de seu tecido. O branqueamento bacteriano foi observado no coral *Oculina patagonica*, onde uma espécie de bactéria, *Vibrio shiloi*, é capaz de infectar a zooxantela que está dentro do tecido do coral, inibindo sua fotossíntese e causando a sua morte (CAMPOS, 2020).

Segundo Campos (2020), além dos dois processos citados, diversas pesquisas indicam que as zooxantelas podem ter uma infecção latente. Isso significa que a zooxantela infectada aparenta estar saudável e não é possível identificar partículas doentes em sua célula. Experimentos mostraram que quando essas zooxantelas com infecção latente são expostas a altas temperaturas ou a intensa radiação ultravioleta, a infecção se torna ativa.

Levando em conta que altas temperaturas e radiação UV afetam a taxa de ativação bacteriana, o branqueamento por infecção pode ter um papel significativo, até então subestimado, nos eventos de branqueamento de corais. Portanto, esse novo mecanismo tem que ser considerado nas pesquisas sobre eventos de branqueamento em larga escala e na elaboração de estratégias para mitigar o branqueamento de corais (CAMPOS, 2020).

Na meiofauna podem ser encontrados organismos capazes de se tornarem bioindicadores precisos em situações de branqueamento em massa de corais, a hipótese defendida é que a meiofauna pode ser um excelente recurso para entender os impactos causados pelas mudanças climáticas. Isso se deve às suas características, como um ciclo de vida acelerado, sensibilidade a mudanças ambientais e facilidade de manipulação em experimentos de laboratório (OLIVEIRA, 2022).

O método mais utilizado no monitoramento dos corais consiste na observação dos mesmos, relacionando sua coloração a uma tabela predefinida de cores, caso o coral apresente ausência de coloração, chega-se ao consenso de que ele está passando por algum tipo de estresse, ocasionando a desassociação com as microalgas. Ao chegar nesse ponto os corais já estão em risco, realizar estudos com a meiofauna proveniente de um ambiente recifal, poderia antever os eventos de branqueamento. Gerando o alerta com certa antecedência, poderiam ser realizadas intervenções caso a causa do branqueamento fosse ações antrópicas reversíveis.

As variações climáticas são a principal força que afeta a saúde dos corais em escala global. Historicamente, períodos de aquecimento das águas do oceano têm sido associados a reduções drásticas na cobertura de corais e ao branqueamento dessas colônias. Esses eventos costumam ocorrer durante os períodos de El Niño. O El Niño é um fenômeno climático que se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial, causando alterações significativas no clima global (OLIVEIRA, 2022).

A comunidade científica busca maneiras de prever o branqueamento de corais afim de identificar esses fenômenos em escalas globais ou regionais. Devido à complexidade deste fenômeno, é um grande desafio para a comunidade prever seus acontecimentos. No entanto, os pesquisadores estão empenhados em entender os processos que ocorrem nesses ambientes para desenvolver modelos capazes de fazer tais previsões.

Em trabalhos realizados nos recifes de Abrolhos, foram utilizados dados de monitoramento durante nove verões para construir um modelo de previsão de branqueamento. Este modelo é capaz de fornecer prognósticos em termos de probabilidades de ocorrência de eventos extremos na região. O modelo se baseia em duas ideias principais discutidas extensivamente em periódicos relacionados ao tema: o branqueamento dos corais é principalmente influenciado por anomalias térmicas positivas na água do mar e existe uma relação entre a intensidade do fenômeno El Niño e anomalias térmicas positivas na região do Atlântico Sul Ocidental (LISBOA, 2016).

O principal fator de branqueamento dos corais foi a ocorrência de anomalias térmicas positivas na água do mar. Essas anomalias, que são aumentos na temperatura da água do mar acima do normal, foram associadas ao fenômeno climático El Niño (LISBOA, 2016).

Lisboa (2020) expandiu os conhecimentos da sua pesquisa anterior, em prol de desenvolver métodos de previsões de branqueamento de corais. A principal diferença entre os dois trabalhos é que a dissertação de mestrado (2016) é mais focada em uma área específica (Complexo Recifal dos Abrolhos-BA), enquanto a tese de doutorado (2020) tem um escopo

mais amplo, abrangendo recifes do Oceano Atlântico. Além disso, a tese de doutorado também se aprofunda mais nos aspectos teóricos e práticos da previsão do branqueamento dos corais.

Embora o trabalho tenha tido atualizações e melhorias em relação ao seu trabalho anterior, o principal fator que corrobora para o branqueamento de corais segundo Lisboa (2020) continuou sendo a anomalia térmica positiva na água do mar. O autor afirmou que o branqueamento dos corais é principalmente influenciado por elevações na temperatura da água do mar acima da média histórica de verão, que comprometem a eficiência do processo fotossintético das zooxantelas, as microalgas simbióticas dos corais.

Os métodos de antever branqueamento de corais em massa, são úteis para que possamos nos preparar para tais eventos, mas as formas de mitigar esses eventos são pouco estudadas. Focar em prever os fenômenos de branqueamento, sem ter como reverter a situação acaba sendo algo não muito abordado no meio acadêmico. Como inúmeros estudos apontam o aumento da temperatura como principal fator que afeta a saúde dos corais ocasionando o seu branqueamento, reduzir o aquecimento global torna-se indiscutivelmente necessário, mas uma mudança grandiosa como essa não acontece repentinamente.

Alguns trabalhos realizados no Brasil propõem um modelo de previsão da intensidade do branqueamento de corais em escala global, usando dados de sensoriamento remoto, reanálise e redes bayesianas. O modelo foi aplicado para sete locais na costa da Bahia e duas áreas no Caribe, usando dados de branqueamento do Projeto Reefbase. O trabalho analisou os fatores ambientais que influenciaram o branqueamento e as probabilidades condicionais entre eles, usando um método estatístico que incorpora as incertezas e complexidades do sistema. O trabalho também discutiu as implicações e limitações do modelo (GHERARDI; MORAIS; KRUG, 2015).

O principal agravante para o branqueamento dos corais é a temperatura superficial do mar, que pode provocar o estresse térmico dos corais e a ruptura da simbiose com as microalgas. Pesquisas mostraram que a temperatura superficial do mar está relacionada ao branqueamento em todas as áreas estudadas, mas também depende de outros fatores regionais, como a salinidade, a circulação oceânica, o vento e o índice multivariado do El Niño (MEI). Os pesquisadores afirmaram que o modelo pode captar essas interações complexas e fornecer probabilidades de branqueamento em diferentes cenários climáticos (GHERARDI; MORAIS; KRUG, 2015).

Alguns monitoramentos de recifes permitem analisar o fenômeno do branqueamento de corais em um ambiente recifal e sua relação com fatores ambientais e climáticos. Um estudo realizado no Atlântico Equatorial, na costa semiárida do Brasil realizou um monitoramento de

três anos (2013-2015) da espécie *Siderastrea stellata*, que é considerada altamente resiliente a condições de estresse, como temperatura, turbidez e sedimentação. Lima (2015) verificou que o branqueamento ocorreu ao longo de todo o ano, mas com intensidades variáveis, sendo mais intenso no primeiro semestre (maio e junho) e próximo ao fim do ano (outubro a dezembro). Foi observado também, que o branqueamento foi maior em profundidades menores (2m), onde os corais estão mais expostos à radiação solar. De acordo com a pesquisa realizada, os principais fatores causais do branqueamento foram a temperatura da superfície do mar e a insolação, que podem atuar de forma sinérgica ou isolada. Outros fatores citados que podem corroborar para o branqueamento de corais foram: a turbidez das águas, a nebulosidade, a profundidade e a velocidade dos ventos (LIMA, 2015).

O pesquisador destacou a importância de realizar estudos sobre o branqueamento de corais no Atlântico Equatorial, uma região pouco conhecida e com peculiaridades oceanográficas e climáticas, também apontou a relevância de utilizar o branqueamento como um indicador de mudanças ambientais e climáticas, visando à conservação dos ecossistemas recifais e dos serviços ambientais que eles proporcionam.

Os corais desempenham um papel crucial como bioindicadores das mudanças climáticas. Sua sensibilidade a variações na temperatura da água os torna um dos primeiros organismos a reagir a alterações no clima. Portanto, estudar os corais e monitorar o branqueamento de corais é essencial para entender a extensão e o impacto das mudanças climáticas nos ecossistemas marinhos. Isso pode nos ajudar a desenvolver estratégias eficazes para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e proteger a biodiversidade marinha.

O trabalho de Silva (2021) caracterizou como objetivo monitorar a cobertura e a saúde dos corais pétreos no ambiente recifal do Cabo Branco, em João Pessoa-PB, durante as intervenções antropogênicas nas obras de contenção da barreira do Cabo Branco. O autor utilizou métodos de censo visual, medição de variáveis abióticas e bióticas, e avaliação do grau de branqueamento e doenças dos corais.

A pesquisa registrou a presença de uma única espécie de coral pétreo, *Siderastrea stellata*, e observou que a maioria das colônias está saudável, mas há casos de branqueamento e mortalidade.

Como apontamento das principais causas contribuintes para o branqueamento dos corais, são citadas: as alterações climáticas, que provocam anomalias térmicas e acidificação dos oceanos, e as atividades humanas, como poluição, turismo e obras costeiras.

Silva (2021) ressaltou a importância dos corais para a biodiversidade e a proteção do litoral, e recomendou a realização de estudos de impacto ambiental e medidas de conservação dos ambientes recifais.

O trabalho “Corais Brasileiros e mudanças climáticas globais: projeções futuras e hotspots de vulnerabilidade”, de Jessica Bleuel, objetivou analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre os recifes de coral no Brasil, considerando diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa e variáveis ambientais. A dissertação de mestrado também buscou identificar as áreas mais vulneráveis e as possíveis estratégias de conservação desses ecossistemas.

Segundo Bleuel (2020), os recifes de corais estão ameaçados pelo aumento da temperatura dos oceanos, pela acidificação da água, pelo aumento do nível do mar e por fatores locais, como poluição, pesca predatória e turismo descontrolado.

A autora do trabalho utilizou modelos climáticos globais e regionais para projetar as mudanças nas variáveis ambientais que afetam os recifes de coral no Brasil até o final do século 21, considerando dois cenários de emissão: um otimista, que prevê uma redução das emissões a partir de 2020, e um pessimista, que prevê um aumento contínuo das emissões. As variáveis analisadas foram: temperatura da superfície do mar, anomalia térmica, pH da água, nível do mar, radiação solar e concentração de nutrientes.

Os resultados mostraram que, no cenário otimista, a temperatura da superfície do mar aumentaria em média 1°C até 2100, enquanto no cenário pessimista o aumento seria de 3°C. A anomalia térmica seria maior no Nordeste do que no Sudeste do país, indicando um maior risco de branqueamento nessa região. O pH da água diminuiria em média 0,2 unidades no cenário otimista e 0,4 unidades no cenário pessimista, tornando a água mais ácida e dificultando a formação do esqueleto dos corais. O nível do mar aumentaria em média 0,4 m no cenário otimista e 0,8 m no cenário pessimista, podendo alterar a hidrodinâmica e a sedimentação dos recifes. A radiação solar diminuiria em média 5% no cenário otimista e 10% no cenário pessimista, reduzindo a disponibilidade de luz para os corais. A concentração de nutrientes aumentaria em média 10% no cenário otimista e 20% no cenário pessimista, favorecendo o crescimento de algas competidoras na região dos corais.

A pesquisadora também utilizou um índice de vulnerabilidade para classificar os recifes de coral do Brasil em quatro categorias: muito baixa, baixa, média e alta. Esse índice levou em conta, a exposição aos fatores ambientais, a sensibilidade dos corais aos estresses e a capacidade de adaptação dos recifes às mudanças. Os resultados indicaram que, no cenário otimista, a maioria dos recifes teria uma vulnerabilidade baixa ou média, enquanto no cenário pessimista

a maioria teria uma vulnerabilidade média ou alta. Os recifes mais vulneráveis seriam os do nordeste do país, especialmente os de Pernambuco e da Bahia, que apresentam uma alta biodiversidade e uma alta dependência socioeconômica dos serviços ecossistêmicos. Os recifes menos vulneráveis seriam os do sudeste do país, especialmente os de São Paulo e do Paraná, que apresentam uma baixa biodiversidade e uma baixa dependência socioeconômica dos serviços ecossistêmicos.

Bleuel (2020) concluiu que os recifes de coral do Brasil estão em risco de perder a sua estrutura e a sua função ecossistêmica nas próximas décadas, caso as emissões de gases de efeito estufa não sejam reduzidas. Também sugeriu algumas estratégias de conservação, como o monitoramento dos recifes, a criação de áreas protegidas, a restauração dos habitats degradados, a redução dos impactos locais, a educação ambiental e o envolvimento das comunidades locais. Ela destacou a importância de considerar as diferenças regionais e locais na gestão dos recifes de coral no Brasil, bem como a necessidade de integrar as políticas públicas com as iniciativas da sociedade civil e do setor privado.

É imperativo que os pesquisadores unam esforços para mitigar o branqueamento de corais. O branqueamento de corais é um problema complexo que exige uma abordagem multidisciplinar, envolvendo biólogos marinhos, ecologistas e muitos outros. Ao colaborar e compartilhar conhecimentos, os pesquisadores podem desenvolver estratégias mais eficazes para proteger os corais. Isso pode incluir tudo, desde a identificação de hotspots de corais em risco até o desenvolvimento de novas tecnologias para monitorar a saúde dos corais. A colaboração entre pesquisadores é, portanto, essencial para garantir a sobrevivência desses ecossistemas vitais.

Trabalhos realizados em prol de conscientizar os estudantes do ensino médio sobre a importância e a fragilidade dos recifes de coral se tornam essenciais para a propagação do conhecimento acerca desses organismos, e também em desenvolver nos estudantes uma postura crítica e responsável em relação à conservação dos ambientes recifais, que estão ameaçados por fatores naturais e antrópicos (CRUZ, 2014).

A autora realizou uma pesquisa-ação na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Orlando Venâncio dos Santos, no município de Cuité - PB, no período de 09 de setembro a 04 de novembro de 2013. A pesquisa-ação é uma metodologia que envolve a participação ativa dos sujeitos envolvidos na solução de um problema prático. A autora aplicou questionários semiestruturados e realizou palestras com os estudantes do ensino médio, abordando temas como a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, as ameaças e as estratégias de proteção dos recifes de coral.

Cruz (2014) concluiu que, o trabalho contribuiu para ampliar o conhecimento dos estudantes sobre os ambientes recifais e para despertar neles uma atitude consciente e crítica em relação à preservação desses ecossistemas. Também ressaltou a importância da educação ambiental como uma ferramenta para formar cidadãos responsáveis e comprometidos com a sustentabilidade do planeta.

A educação é uma ferramenta poderosa para a preservação e conservação dos corais. Ao educar as pessoas sobre a importância dos corais para a saúde dos ecossistemas marinhos e o impacto do branqueamento de corais, podemos cultivar uma consciência de preservação. Isso pode levar a um maior respeito e cuidado com o meio ambiente em geral. Além disso, a educação pode ajudar as pessoas a entenderem a ligação entre o branqueamento de corais e o aquecimento global, incentivando-as a tomar medidas para reduzir as ações antrópicas relacionadas a esses fenômenos.

O artigo de Santos *et al.* (2021), possuiu o objetivo de descrever as ocorrências de branqueamento dos corais e de outros cnidários bentônicos no costão rochoso da Praia do Forno, em Arraial do Cabo, no estado do Rio de Janeiro, relacionando-as com possíveis eventos de aquecimento das águas superficiais do oceano. A pesquisa também sondou contribuir para o monitoramento e a conservação desses ecossistemas marinhos.

Santos *et al.* (2021) realizaram duas expedições na Praia do Forno, nos meses de fevereiro e maio de 2019, para observar e registrar as condições dos corais e de outros cnidários bentônicos presentes no local. Eles também coletaram dados de temperatura da água do mar, obtidos por meio de boias oceanográficas instaladas na região. Identificaram quatro espécies de cnidários bentônicos, sendo duas de corais (*Millepora alcicornis* e *Siderastrea stellata*) e duas de antozoários (*Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*). Avaliaram o grau de branqueamento dessas espécies, usando uma escala que vai de zero (ausência de branqueamento) a quatro (branqueamento total).

Os resultados mostraram que *Millepora alcicornis* e *Palythoa caribaeorum* sofreram branqueamento em prol de uma anomalia térmica de 2.0°C, demonstrando uma sensibilidade a mudanças climáticas maior que as espécies *Siderastrea stellata* e *Zoanthus sociatus*. que não apresentaram branqueamento.

Com base nos dados adquiridos Santos *et al.* (2021), concluíram que o principal fenômeno que corrobora para o branqueamento dos corais e de outros cnidários bentônicos na Praia do Forno é o aumento da temperatura da água do mar, causado por anomalias térmicas das águas superficiais do oceano. Eles também destacaram que esse fenômeno pode comprometer a sobrevivência e a reprodução desses organismos, bem como a estrutura e a

função dos recifes. Sugeriram então, a realização de mais estudos sobre os impactos das mudanças climáticas nos ambientes recifais brasileiros, bem como ações de educação ambiental e gestão integrada desses ecossistemas.

A estrutura formada pelos corais é de vital importância para a biodiversidade de um recife. Os corais criam habitats para uma infinidade de espécies marinhas, incluindo peixes, crustáceos e algas. Esses habitats fornecem abrigo, áreas de alimentação e locais de reprodução, contribuindo para a rica diversidade de vida encontrada nos recifes de corais e o branqueamento dos corais pode levar à morte desses organismos resultando na perda dessas estruturas vitais, acarretando em uma diminuição da biodiversidade nos recifes, o que iria gerar uma mudança significativa no cenário econômico e ecológico.

Foi realizado um estudo com o objetivo de examinar como o branqueamento dos corais afeta a química dos carbonatos em uma área entremarés no litoral de Fortaleza-CE. A pesquisa explica que os recifes de corais são ecossistemas importantes para a biodiversidade marinha e para os serviços ambientais, mas estão sofrendo com a degradação causada por fatores naturais e antrópicos. Entre os fatores antrópicos, destacou a contaminação por metais pesados, que podem ser provenientes de fontes urbanas, industriais, agrícolas ou portuárias. Os metais pesados podem se acumular nos tecidos dos corais ou na rede cristalina do esqueleto carbonático, alterando a sua composição química e afetando a sua fisiologia e a simbiose com as algas (COSTA, 2019).

Para realizar o estudo, Costa (2019) coletou quatro colônias do coral *Siderastrea stellata*, duas saudáveis e duas branqueadas, em uma zona entremarés na Praia do Meireles, em Fortaleza-CE. Também coletou amostras de sedimentos adjacentes aos corais, para comparar os níveis de metais pesados no ambiente. Os metais analisados foram cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb) e níquel (Ni), que são considerados indicadores de contaminação ambiental, e alumínio (Al), que foi usado como elemento normalizador.

O método utilizado para determinar as concentrações dos metais nas amostras, foi o método de espectrofotometria de absorção atômica em chama. Os resultados mostraram que as colônias branqueadas apresentaram maiores concentrações de chumbo (Pb) e níquel (Ni) do que as colônias saudáveis, enquanto que as concentrações de cobre (Cu) e zinco (Zn) foram semelhantes entre os dois grupos. O alumínio (Al) foi o metal mais abundante nas colônias saudáveis, mas foi muito baixo nas colônias branqueadas. Os sedimentos apresentaram maiores concentrações de todos os metais do que os corais.

Costa (2019), chegou à conclusão de que o branqueamento altera a distribuição dos metais nos corais, possivelmente por causa da perda das algas zooxantelas, que podem ter um

papel importante na regulação da entrada e saída dos metais nos tecidos dos corais. A autora também sugeriu que os metais pesados podem ser um dos principais fatores que contribuem para o branqueamento dos corais, ao causar estresse oxidativo, danos celulares e desequilíbrio na simbiose. Logo, recomendou que sejam feitos mais estudos sobre a relação entre os metais pesados e o branqueamento dos corais, bem como sobre as medidas de conservação e recuperação dos recifes de corais na costa de Fortaleza-CE.

No Rio Grande do Norte foram realizados monitoramentos de corais especificamente da espécie *Siderastrea stellata* em dois complexos recifais areníticos do Atlântico Sul. O monitoramento do branqueamento desses corais foi realizado em 2015 nos recifes de Pirangi e Maracajaú. Foram selecionadas 18 colônias da espécie *Siderastrea stellata*, distribuídas em três classes de tamanho. Os dados foram coletados a cada 2 meses (CORREIA, 2016).

Os resultados mostraram que o padrão de branqueamento entre os dois recifes foi distinto, sendo mais acentuado em Maracajaú. As colônias menores apresentaram maiores níveis de branqueamento, indicando uma possível maior fragilidade dessas colônias (CORREIA, 2016).

Segundo Correia (2016), o branqueamento foi associado a variações na transparência e salinidade da água, independentemente do recife analisado. Portanto, as mudanças ambientais, como a transparência e a salinidade da água, foram os principais fatores que determinaram o branqueamento dos corais *Siderastrea stellata* no ano de 2015, nas praias de Pirangi-RN e Maracajaú-RN. Já a temperatura, que oscilou pouco ao longo do trabalho, não mostrou relação com o branqueamento das colônias.

O monitoramento e a manutenção dos corais são atividades indispensáveis para regular a saúde dos nossos ecossistemas marinhos. No entanto, apesar da sua importância, muitas vezes essas atividades são negligenciadas ou insuficientemente financiadas. O monitoramento regular permite a detecção precoce de ameaças, proporcionando uma resposta rápida para mitigar os danos. A manutenção, incluindo atividades como a restauração de recifes e a remoção de espécies invasoras, é crucial para preservar a integridade dos habitats dos corais. Em contrapartida, é importante notar que essas ações por si só não são suficientes, é necessário abordar as causas subjacentes das ameaças aos corais, como as mudanças climáticas e a poluição. Portanto, enquanto o monitoramento e a manutenção são importantes, eles devem fazer parte de uma estratégia maior de conservação marinha que inclua a mitigação das mudanças climáticas e a redução da poluição.

O estudo de Santos (2017) visou acompanhar a situação dos corais do recife da praia do Cabo Branco, João Pessoa-PB, que estava exposto a ações humanas nas construções de proteção

da barreira do Cabo Branco. O pesquisador usou dados físicos (temperatura da superfície do mar, oxigênio, salinidade e sedimentos na água do mar) e biológicos (variedade de tipos de corais, números de colônias e recrutas, além da incidência de branqueamento) para verificar a condição de saúde desse ambiente.

O trabalho descreveu de forma qualitativa e quantitativa a variedade de corais calcários encontrados no local, identificando 11 tipos pertencentes a 6 gêneros e 3 famílias. Os tipos mais frequentes foram *Siderastrea stellata*, *Mussismilia hispida* e *Favia gravida*. Registrou também a existência de recrutas, que são indivíduos novos de corais que se fixam no substrato depois da fase planctônica. Os recrutas representam uma fonte importante de recolonização e conservação da variedade dos recifes (SANTOS, 2017).

O pesquisador analisou a incidência de branqueamento dos corais observando que o branqueamento foi mais comum nas espécies *Siderastrea stellata* e *Mussismilia hispida*, e que ocorreu principalmente nos meses de setembro e outubro de 2016, coincidindo com o período mais quente do ano (SANTOS, 2017).

Os fatores predominantes para o branqueamento dos corais foi o aumento da temperatura da água do mar, que ultrapassou os limites tolerados pelas espécies locais, mas outros fatores podem influenciar no branqueamento, como a salinidade, o oxigênio e os sedimentos na água do mar. É importante dar continuidade ao acompanhamento da situação dos corais do recife da praia do Cabo Branco, João Pessoa-PB, para verificar a recuperação dos corais depois do evento de branqueamento e a influência das ações humanas nas construções de proteção da barreira do Cabo Branco (SANTOS, 2017).

Os corais têm uma incrível capacidade de resiliência ao aquecimento natural da superfície do mar, adaptando-se e sobrevivendo em condições que muitas vezes seriam consideradas extremas. Porém, é importante notar que a taxa atual de aquecimento global, impulsionada pelas atividades humanas, está ocorrendo em um ritmo muito mais rápido do que os corais podem se adaptar. Portanto, embora a resiliência dos corais seja notável, ela não deve ser usada como uma desculpa para a negligência em relação às mudanças climáticas. É essencial que iniciemos métodos assertivos em respeito a tomar medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e proteger esses ecossistemas valiosos.

Soares e Rabelo (2014) relataram a primeira ocorrência de branqueamento de corais no litoral do Ceará, um fenômeno ambiental que indica alterações nos ecossistemas marinhos tropicais.

Foi realizado o monitoramento de dois tipos de recifes no litoral do Ceará entre 2005 e 2010: um recife artificial dentro de uma área portuária e um recife de arenito entremarés. Os

pesquisadores observaram que o branqueamento de corais dos espécimes *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* e zoantídeos, *Zoanthus sociatus*, ocorreu somente no verão de 2010 (fevereiro e março), coincidindo com anomalias na temperatura da superfície do mar na região. Eles obtiveram dados oceanográficos e climáticos do Programa Coral Reef Watch, da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), que mostraram que a temperatura da superfície do Mar estava 1 a 2 °C acima da média, havia 4 a 7 semanas de calor acima da média, a temperatura na superfície marinha era de 30 a 32 °C e os valores de hot-spots eram positivos. Os hot-spots são áreas onde a temperatura da superfície do mar excede o limiar máximo para a sobrevivência dos corais.

Os autores concluíram que o principal fenômeno que contribuiu para o branqueamento dos corais no litoral do Ceará foi a elevação da temperatura da superfície do mar, associada às mudanças climáticas globais. Eles também sugeriram que outros fatores, como a turbidez da água e os estresses periódicos dos recifes entremarés (dessecação, insolação e temperaturas elevadas em poças de maré), tiveram um efeito sinérgico durante o episódio de branqueamento.

Em seu trabalho, Samira da Conceição Sabadini teve como objetivo modelar a suscetibilidade dos recifes de Abrolhos-BA aos eventos de branqueamento de corais. A pesquisadora gerou um mapa de suscetibilidade durante os verões de 2001, 2002, 2003, 2005 e 2016, classificando-a em cinco categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A autora também realizou comparações dos resultados com os registros de branqueamento na região e verificou que há uma relação entre a suscetibilidade e a ocorrência do fenômeno.

Segundo Sabadini (2017), há uma correspondência entre as áreas de maior suscetibilidade ao branqueamento e as áreas onde o branqueamento foi efetivamente registrado. Ela verificou que os recifes que apresentaram suscetibilidade muito alta ou alta foram os que sofreram mais com o branqueamento, enquanto os recifes com suscetibilidade média, baixa ou muito baixa foram menos afetados ou não apresentaram branqueamento.

Ela também observou que a suscetibilidade variou de acordo com o ano, sendo 2005 e 2016 os anos mais críticos para os recifes de Abrolhos, pois nesses anos foram registrados mais casos de branqueamento. O branqueamento que ocorreu nos anos de 2005 e 2016 está conectado ao fato de que nesses anos as anomalias positivas de temperatura da superfície do mar foram as mais intensas e duradouras na região, com a temperatura da superfície do mar ultrapassando o limiar máximo para a sobrevivência dos corais por várias semanas, causando um estresse térmico nos organismos. A autora também indicou que durante esse período, houve uma

redução da cobertura de nuvens e um aumento da radiação solar, que podem ter agravado o efeito da temperatura na saúde dos corais.

Logo o fenômeno que foi responsável pelo branqueamento dos corais em Abrolhos-BA foi à elevação da temperatura da superfície do mar, associada às mudanças climáticas globais. Sabadini (2017) também observou que há uma diferenciação espacial na suscetibilidade, sendo os recifes do arco costeiro mais suscetíveis do que os recifes do arco externo.

Por fim, ela sugeriu que outros fatores, como a turbidez da água, a profundidade dos recifes e a exposição à radiação solar, podem influenciar na resposta dos corais ao estresse térmico e ressaltou a importância de monitorar os recifes de Abrolhos e implementar medidas de conservação e adaptação para proteger esse ecossistema.

A capacidade construtiva dos corais está sendo ameaçada pela acidificação dos oceanos, que podem enfraquecer os esqueletos de carbonato de cálcio que os corais constroem. Além disso, a construção de recifes pelos corais é um processo lento e delicado, e a recuperação de danos pode levar décadas ou até séculos. A acidificação dos oceanos está associada a implementação de CO₂ advindo da atmosfera, CO₂ este, que é expelido de Maquinários e veículos, pondo mais uma vez as ações antrópicas como as grandes causadoras da destruição ambiental.

Os recifes de corais estão entre os ambientes mais diversos do planeta e, por serem extensivamente usados, muitos deles se encontram em estados críticos de conservação. Além dos impactos antrópicos diretos, esses ambientes têm sofrido com a crescente elevação da temperatura global (ALBUQUERQUE, 2014).

Com o aumento da temperatura superficial do mar, se torna mais comum a ocorrência de eventos de branqueamento de corais. O estudo de Albuquerque (2014) monitorou os recifes de corais do arquipélago de Tinharé-Boipeba entre os anos de 2002 e 2012, com o objetivo de avaliar a influência do branqueamento na sua capacidade construtora.

Foram avaliados diversos parâmetros da vitalidade dos corais e calculado um valor de bioconstrução para mensurar essa influência. Foi constatada uma relação direta entre branqueamento e eventos de anomalias térmicas positivas.

No entanto, não foi constatado qualquer dano permanente à comunidade coralínea do arquipélago, indicando que as espécies de coral da região são resistentes a eventos dessa magnitude. Os valores de bioconstrução calculados não apresentaram diferenças significativas entre os anos estudados (ALBUQUERQUE, 2014).

Portanto, segundo Albuquerque (2014), o principal fenômeno que está associado ao branqueamento dos corais é a elevação da temperatura global e consequentemente da temperatura superficial do mar, entretanto, o autor destacou a recuperação dos corais brasileiros enfatizando a sua resiliência.

“É possível perceber que os eventos de anomalias térmicas positivas impactaram os recifes de corais da região, mas após esses eventos, o ecossistema recifal se recuperou por completo, corroborando com a ideia que os corais do Brasil têm grande capacidade de resiliência.” (ALBUQUERQUE, 2014, p.17).

A pesquisa de Meira (2020), se concentrou na mudança de fase, que é caracterizada por uma alteração abrupta na estrutura de uma comunidade em resposta a um distúrbio capaz de romper a resistência do sistema, deslocando-o de sua variação natural. Este fenômeno tem sido observado em diversos ecossistemas e, frequentemente, as atividades humanas são apontadas como causadoras da mudança de fase.

No entanto, o estudo destacou que as reações das comunidades em mudança de fase aos distúrbios antrópicos têm sido negligenciadas pela comunidade acadêmica. Nas últimas décadas, ondas de calor resultantes das mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais frequentes e intensas, afetando especialmente os recifes de coral.

Como resultado, eventos de branqueamento em massa de corais estão se tornando cada vez mais recorrentes, sendo reconhecidos como a principal causa do declínio das populações de corais nos ecossistemas recifais em escala global. A autora destacou que em 2019, uma onda de calor sem precedentes atingiu o Atlântico Sul causando branqueamento em massa de corais nos recifes da Baía de Todos os Santos, tanto em recifes dominados por corais como em recifes dominados por zoantídeos.

Portanto, segundo Meira (2020), a onda de calor é um dos principais fatores que contribuem para o branqueamento dos corais. Esta onda resultou em uma elevação da temperatura das águas superficiais nunca registrada em uma série histórica de 34 anos. Isso indica que as mudanças climáticas e o consequente aumento da temperatura da água são fatores críticos que contribuem para o branqueamento dos corais.

O trabalho de Nascimento (2019), teve como objetivo monitorar a saúde do coral *Siderastrea stellata*, que é o principal bioconstrutor de recifes rasos no Brasil, e avaliar como ele é afetado por variáveis ambientais em uma poça de maré em Natal-RN. A autora acompanhou onze colônias de *Siderastrea stellata* por dois anos, desde fevereiro de 2017, e registrou dados como palidez, branqueamento, contato de borda, soterramento e mortalidade dos corais, além de temperatura e intensidade luminosa da água.

Nascimento (2019), observou que as colônias permaneceram saudáveis na maior parte do tempo, exceto nos períodos após eventos extremos de estresse causados por soterramento e aumento de temperatura, que chegaram a causar branqueamento em até 100% das colônias. O soterramento ocorreu principalmente quando houve mudança na direção dos ventos, que facilitou a deposição de sedimento na poça de maré. O soterramento pode ter um efeito benéfico indireto aos corais, ao reduzir a cobertura e o contato das algas que competem com eles por espaço e luz. O aumento de temperatura foi registrado nos meses mais quentes do ano, coincidindo com o fenômeno El Niño, que altera o padrão climático global.

O El Niño é caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico, o que pode levar a um aumento da temperatura na água do mar em todo o mundo. Mesmo sendo um fenômeno grandioso, o El Niño não é o principal causador do branqueamento em massa dos corais, mas sim as mudanças climáticas associadas as ações antropogênicas, que vem causando um aumento mais generalizado e de longo prazo nas temperaturas do mar. Isso mostra a importância da realização de estudos que busquem frear as ações antrópicas afim de conservar os ecossistemas gerais.

Por conseguinte, a autora concluiu que o principal fenômeno que contribuiu para o branqueamento dos corais foi o aumento de temperatura. No entanto, a pesquisadora também constatou que as colônias recuperaram a coloração saudável dentro de 30 dias após os eventos de estresse, o que sugere uma alta resiliência da espécie. Essa resiliência indica que os recifes costeiros podem resistir às mudanças climáticas globais e às variações locais às quais são submetidos.

O estudo de Barros (2019), foi uma análise aprofundada dos impactos das mudanças ambientais nos recifes de corais urbanos. A pesquisa foi realizada especificamente no recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema, localizado no bairro Meireles, em Fortaleza-CE. Este local foi escolhido por suas características únicas e a presença do coral *Siderastrea stellata*.

Durante o período de outubro de 2018 a março de 2019, Barros (2019) observou e registrou as taxas de branqueamento das colônias de corais. Estas taxas foram então correlacionadas com fatores físico-químicos específicos, principalmente temperatura e salinidade, os resultados do estudo mostraram que as taxas de branqueamento foram elevadas e apresentaram uma correlação significativa com ambos os fatores. Isso sugere que o principal fenômeno que contribuiu para o branqueamento dos corais foi o aumento da temperatura e salinidade.

Além disso, o estudo também descobriu que os componentes do ecossistema, especificamente a cobertura de alga filamentosa e sedimento, permitiram a ocorrência de um

ambiente seletivo no recife da Volta da Jurema. Este ambiente seletivo favoreceu a predominância do coral *Siderastrea stellata*.

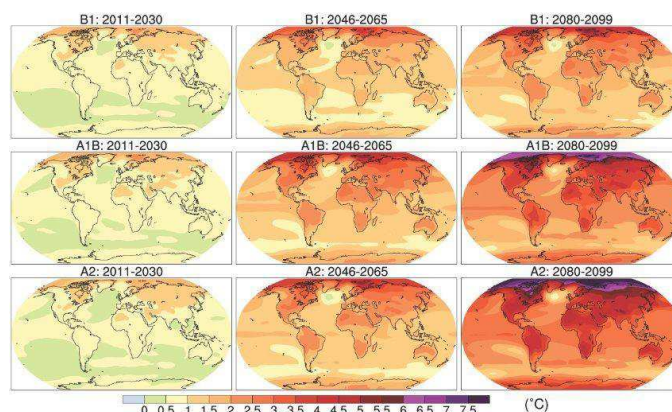
Em resumo, este estudo forneceu uma visão valiosa sobre os impactos das mudanças ambientais nos recifes de corais urbanos. Ele destacou a importância da temperatura e salinidade como fatores contribuintes para o branqueamento dos corais e enfatizou a necessidade de mais pesquisas nesta área para proteger esses ecossistemas vitais.

5.3. PERSPECTIVAS PARA PESQUISA DE BRANQUEAMENTO DE CORAIS

O branqueamento de corais é um fenômeno que tem atraído a atenção de cientistas e ambientalistas em todo o mundo. Este fenômeno, que está diretamente relacionado ao aumento da temperatura da água e, conseqüentemente, ao processo de aquecimento global, tem o potencial de transformar drasticamente os ecossistemas marinhos e afetar a biodiversidade.

A atual situação dos corais é preocupante e devido ao aumento exacerbado da temperatura terrestre ocasionada pelo aquecimento global, as previsões são de um futuro mais preocupante ainda. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o branqueamento de corais se tornou mais frequente e severo desde 2014, devido ao aumento da temperatura dos oceanos causado pelas mudanças climáticas. O PNUMA emitiu um aviso de que, se não houver uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, todos os recifes de corais do planeta podem sofrer branqueamento até o final deste século (ONU-BRASIL,2023). Segundo os pesquisadores Bleuel, Pennino e Longo (2021) no Brasil, a região da Bahia, desde Salvador até a região dos Abrolhos, será a mais afetada pelo branqueamento nos próximos 30 anos, o que poderia prejudicar a biodiversidade e, em consequência, o turismo e a pesca da região.

Figura 3: Possíveis cenários estimados até 2100, da temperatura média do planeta.



Fonte: EcoDebate, 2023.

No entanto, apesar dessas previsões sombrias, existem várias estratégias que podem ser implementadas para mitigar os efeitos do branqueamento de corais. A primeira e mais importante delas é combater o aquecimento global, isso envolve a redução drástica das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, é necessário combater a poluição que sufoca ou intoxica os recifes. Outra estratégia importante é a criação de áreas de proteção dos corais para evitar a exploração desses ecossistemas. Isso pode envolver políticas mais severas relacionadas à proteção do meio ambiente. Além disso, é necessário desenvolver atividades econômicas sustentáveis que respeitem os recifes de coral, criem valor e emprego em muitos setores econômicos como: turismo, pescas e aquicultura.

A importância dos projetos acadêmicos e pesquisas é inegável para alcançar um consenso sobre as ações a serem tomadas em relação ao fenômeno de branqueamento dos corais e à preservação desses ecossistemas. O desenvolvimento de futuras pesquisas com o objetivo de identificar métodos de preservação e prevenção contra o branqueamento de corais é um passo crucial para reverter a situação atual e alterar as previsões existentes. Portanto, é imperativo que tais iniciativas sejam priorizadas e implementadas com urgência.

Em conclusão, a situação dos corais é, sem dúvida, preocupante. O branqueamento dos corais, impulsionado pelo aquecimento global e pela poluição, ameaça a sobrevivência desses ecossistemas vitais. No entanto, não estamos sem esperança ou soluções. Existem várias estratégias que podem ser implementadas para mitigar esses efeitos, desde a redução das emissões de gases de efeito estufa até a restauração dos recifes de coral. Embora o caminho à frente seja desafiador, com esforços concentrados e ações imediatas, podemos preservar esses preciosos ecossistemas para as futuras gerações. A sobrevivência dos corais depende da nossa capacidade de agir agora e fazer as escolhas certas para o nosso planeta.

Existem várias medidas que podem ser tomadas para mitigar o branqueamento de corais, muitas das quais envolvem ações em vários níveis da sociedade, em primeiro lugar, as políticas públicas têm um papel crucial a desempenhar, isso pode incluir a implementação de regulamentações rigorosas para controlar a poluição da água e o desenvolvimento costeiro, bem como a criação de áreas protegidas para preservar os recifes de coral. Além disso, as políticas que visam mitigar as mudanças climáticas, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, também são essenciais.

O investimento em pesquisas é outra medida importante que pode envolver o financiamento de estudos para entender melhor os corais e as ameaças que enfrentam, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias ou práticas para proteger e restaurar os recifes de coral.

As escolas também possuem um papel relevante a desempenhar na educação das gerações futuras sobre a importância dos recifes de coral e as ameaças que enfrentam. Isso pode incluir a geração de tópicos relacionados aos corais no currículo escolar, bem como a realização de projetos que envolvam a exposição dos benefícios (econômicos e ecológicos) que os corais proporcionam, a fragilidade desses organismos e associar as ações antrópicas como determinantes para a degradação desses ambientes. Uma vez que as ações que corroboram para o aquecimento global não ocorrem apenas em regiões litorais, esse tipo de trabalho deve ser feito nas escolas de maneira geral e não em localidades específicas, o que enfatiza a importância de manter projetos nas escolas de Cuité-PB.

Por fim, a mudança de hábitos de vida também é crucial. Isso pode envolver a adoção de práticas mais sustentáveis, como reduzir o consumo de plástico, escolher produtos de marcas que respeitam o meio ambiente, ou até mesmo participar de iniciativas de limpeza da comunidade local o que externaliza a importância de projetos com as comunidades de maneira geral.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as informações apresentadas, podemos considerar que, o branqueamento de corais é um fenômeno complexo e preocupante que ameaça a biodiversidade marinha e os ecossistemas de recifes em todo o mundo. Embora muitas pesquisas tenham sido realizadas para entender as causas e os impactos do branqueamento, há uma lacuna notável em relação a descoberta de métodos eficazes para prevenir ou mitigar esse fenômeno.

A maioria das pesquisas até agora se concentrou em documentar e expor o problema, geralmente sendo apontado para o aumento da temperatura superficial do mar (que está associado à o aquecimento global potencializado por ações antrópicas), enquanto relativamente poucas se dedicaram a encontrar soluções práticas e aplicáveis. Isso destaca a necessidade urgente de mais pesquisas focadas na prevenção do branqueamento de corais.

É crucial que a comunidade científica e autoridades governamentais reconheçam essa lacuna e direcionem mais recursos e esforços para pesquisas orientadas a contornar esta situação. O conhecimento geral acerca dos principais causadores deste fenômeno é facilmente encontrado em incontáveis pesquisas, sejam elas relativamente antigas ou mais recentes. Portanto, este trabalho ressalta a necessidade de uma mudança na direção da pesquisa sobre o branqueamento de corais, uma que equilibre a necessidade de entender o problema com a urgência de encontrar soluções.

REFERÊNCIAS

ADEY, W.H. Coral Reef Ecosystems and Human Health: Biodiversity Counts!. **Ecosystem Health**, v. 6, n. 4, p. 227-236, dez. 2000.

ALBUQUERQUE, T. **Avaliação do impacto do branqueamento no potencial construtor de uma comunidade de corais**. Orientador: Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi. 2014. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Geologia, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 2005.

AMARAL, F. M. D.; RAMOS, C. A. C.; LEÃO, Z. M. A. N. RUY, K. P.; KIKUSHI, R. K. P.; LIMA, K. K. M.; LONGO, L. L.; CORDEIRO, R. T. S.; LIRA, S. M. A.; VASCONCELOS, S. L. Checklist and morphometr of benthic cnidarians from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Cahiers de Biologie Marine**, França, 50: 277-290, 2009.

BARROS, Y. N. **Mudanças ambientais e recifes tropicais urbanos: branqueamento de corais resistentes, algas filamentosas e sedimentos**. 2019. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BENTO, A. Como fazer uma revisão da literatura: Considerações teóricas e práticas. **Revista JA (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira)**, n. 65, a. VII, pp. 42-44, mai., 2012.

BLEUEL, J. **Corais brasileiros e mudanças climáticas globais: projeções futuras e hotspots de vulnerabilidade**. Orientador: Dr. Guilherme Ortigara Longo; Coorientadora: Dr.^a Maria Grazia Pennino. 2020. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Ecologia, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

BLEUEL, J.; PENNINO, M.G.; LONGO, G.O. Coral distribution and bleaching vulnerability areas in Southwestern Atlantic under ocean warming. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-12, jun., 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conduta consciente em ambientes recifais**. Brasília: MMA/SBF, 2009. 32 p.

BRIGHT, C. Tracking the ecology and climate change. **In: STARKE, L. (Ed.). State of the world – a worldwatch institute report on progress toward a sustainable society**. London: Norton, W.W., 1997. p. 78-94.

BROWN, B.E. Coral bleaching: causes and consequences. **Coral Reefs**, v.16, p. 129-138, 1997.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2^a ed. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro/RJ, 1098 p, 2007.

BRUSCA, R.C.; MOORE, W.; SHUSTER, S.M. **Invertebrados**. 3ª ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2018.

CAMPOS, A.B. **Infecções virais e o branqueamento de corais**. Orientador: Dr. Pedro Milet Meirelles; Coorientadora: Dr.^a Flora Souza Bacelar. 2020. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

CARDOSO, T.; ALARCÃO, I.; CELORICO, J.A. **Revisão da literatura e sistematização do conhecimento**. Porto: Porto Editora, 2010.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Biologia Marinha**. 8ª ed. Mc Graw Hill, Porto Alegre, 461 p., 2012.

CESAR, H.; BURKE, L.; PET-SOEDE, L. **The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation**. 3ª ed. Netherlands: Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC), 2003.

CONNELL, J.H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. **Science**. v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978.

CORREIA, A.R.L.; GABLER, B.C. RECIFES DE CORAIS E OS IMPACTOS DA AÇÃO ANTROPOGÊNICA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 4, n. 1, p. 1-10, abr., 2022.

CORREIA, L.F.C. **Padrão de branqueamento de *Siderastrea stellata* (Verril, 1868) em dois complexos recifais areníticos do Atlântico Sul**. 2016. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

COSTA, L. R. **A influência do branqueamento em corais sobre a geoquímica carbonática em uma zona entremarés na costa de Fortaleza-CE**. 2019. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

CRUZ, K. L. **Ameaças aos ambientes recifais: trabalhando a proteção dos ambientes marinhos junto aos estudantes do ensino médio de Cuité-PB**. 2014. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2014.

FALINI, G.; FERMANI, S.; GOFFREDO, S. **Coral Biomineralization: a focus on intraskeletal organic matrix and calcification**. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 46; 17-26, 2015.

FERREIRA, B.P.; MAIDA, M. **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil Situação Atual e Perspectivas**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2006. 250 p. (Biodiversidade, 18).

FITT, W.K.; BROWN, B.E.; WARNER M. E.; DUNNE, R. P. Coral bleaching: interpretation of thermal tolerance limits and thermal thresholds in tropical corals. **Coral Reefs**, v.20, p.51–65, 2001.

GHERARDI, D.F.M.; MORAES, L.E.S.; KRUG, L.A. Desenvolvimento de um Modelo Previsão do Branqueamento de Corais na Escala Global. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa, p. 2333-2340, abr., 2015.

GUTIÉRREZ, J. L.; JONES, C. G.; BYERS, J. E.; ARKEMA, K. K.; BERKENBUSCH, K.; COMMITO, J. A.; DUARTE, C. M.; HACKER, S. D.; LAMBRINOS, J. G.; HENDRIKS, I. E.; HOGARTH, P. J.; PALOMO, M. G.; WILD, C. Physical ecosystem engineers and the functioning of estuaries and coasts. In: Wolanski E, McLusky DS (eds) *Treatise on estuarine and coastal science*. **Waltham Academic** 7:53–81, 2011.

LAMB, J.B. *et al.* Plastic waste associated with disease on coral reefs. **Science**, v. 359, n. 6374, p.460-462, 25 jan. 2018.

LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. Tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 41:112–122, 2000.

LIMA, I.C.C.S. **Branqueamento de corais e mudanças ambientais: estudo de caso de 3 anos no Atlântico Equatorial**. 2015. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

LISBOA, D.S. **Previsão do Branqueamento dos Corais no Complexo Recifal dos Abrolhos-Ba: Uma Abordagem Bayesiana Visando Suporte à Gestão Ambiental**. Orientador: Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

LISBOA, D.S. **Previsão probabilística do branqueamento dos corais: aspectos teóricos e práticos para o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce para recifes do Oceano Atlântico**. Orientador: Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi. 2020. 115 f. Tese (Doutorado em Geologia, Área de Concentração: Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

MEIRA, V.H. **Onda de calor altera mudança de fase em recife de coral**. Orientador: Dr. Igor Cristino Silva Cruz; Coorientador: Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Júnior. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Ecologia: Teoria, Aplicação e valores, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

MELO, Rodrigo de Souza; CRISPIM, Maria Cristina; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de; NISHIDA, Alberto Kioharu. 2006. Estimativa da Capacidade de Carga Recreativa dos Ambientes Recifais da Praia do Seixas (Paraíba - Brasil). **Turismo – Visão e Ação**, vol. 8 – no. 3, pp. 411 – 422, set./ dez. 2006.

MENDES, K. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758- 764, 2008.

MUSCATINE, L.; MCCLOSKEY, L.R.; MARIAN, R.E. Estimating the daily contribution of carbon from zooxanthellae to coral animal respiration. **Limnology and Oceanography**, Hoboken, v. 26, n. 4, p. 601-611, jul./ago. 1981.

NASCIMENTO, W.F. **Saúde do coral *Siderastrea stellata* e sua relação com variáveis ambientais em poças de maré do Rio Grande do Norte**. 2019. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

OLIVEIRA, B.R.S. **Sensibilidade da comunidade da meiofauna às ondas de calor e eventos de branqueamento mais intensos já registrado nos recifes do Atlântico Sudoeste**. 2022. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

ONU-NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Mundo pode perder barreiras de corais até o fim do século, aponta relatório da ONU. Nações Unidas Brasil, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/106609-mundo-pode-perder-barreiras-de-corais-até-o-fim-do-século-aponta-relatório-da-onu>. Acesso em: 9 out. 2023.

PALUMBI, S.R.; BARSHIS, D.J.; TRAYLOR-KNOWLES, N.; BAY, R.A. Mechanisms of reef coral resistance to future climate change. **Science**, Washington, D.C., v. 344, n. 6186, p. 895-898, maio 2014.

PASQUINI, L.; MOLINARI, A.; FANTAZZINI, P.; DAUPHEN, Y.; CUIF, J. P.; LEVY, O.; DUBINSKY, Z.; CAROSELLI, E.; PRADA, F.; GOFFREDO, S.; DI GIOSIA, M.; REGGI, M.; FALINI, G. Isotropic microscale mechanical properties of coral skeletons. **Interface – The Royal Society Publishing**, p 1-9, 2017.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (orgs.). **Biologia Marinha**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

REICHERT, J. *et al.* Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. **Environmental Pollution**, v. 254, nov. 2019.

ROHWER, F.; SEGURITAN, V.; AZAM, F.; KNOWLTON, N. Diversity and distribution of coral-associated bacteria. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf, v. 243, p. 1-10, 2002.

RUPPERT, E.E.; BARNES, R.D.; FOX, R.S. **Zoologia dos Invertebrados**. 7ª ed. São Paulo: Roca, 2005.

SABADINI, S.C. **Suscetibilidade dos recifes de Abrolhos aos eventos de branqueamento de corais**. Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sônia Maria Carvalho Ribeiro; Coorientadoras: Prof.^a Dr.^a Úrsula Ruchkys de Azevedo; Prof.^a Dr.^a Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SANTOS, L.A. *et al.* Branqueamento de corais e outros cnidários bentônicos no costão rochoso da Praia do Forno (Arraial do Cabo, RJ) durante as anomalias térmicas das águas superficiais do oceano ocorridas nos meses de fevereiro e maio de 2019. **Revista Vértices**, Campos dos Goitacazes, v. 23, n. 22021, p. 560-579, abr., 2021.

SANTOS, L.M. **Monitoramento da cobertura coralínea do ambiente Recifal da Praia do Cabo Branco, João Pessoa-PB**. 2017. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, cuité, 2017.

SILVA, J.L.C. **Monitoramento da cobertura de corais (Cnidaria: scleractinia) no ambiente recifal do Cabo Branco (João Pessoa) durante processo de intervenção antropogênica.** 2021. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2021.

SOARES, M.O.; RABELO, E.F. Primeiro registro de branqueamento no litoral do Ceará (NE-Brasil): Indicador das mudanças climáticas?. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.1-10, 2014.

SOUZA, T. P. **Efeito da acidificação da água do mar: um estudo de mesocosmo com a nematofauna de Recifes de Coral.** Recife/PE, 2016.

VILLAÇA, R.C. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Ed.). **Biologia Marinha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 399-420.