



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 9, nº 1 (2023)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n1ID31283>



Aplicação do sistema Betonbloc, como alternativa de contenção da erosão costeira no município de Ipojuca/PE

Application of the Betonbloc system, as an alternative to contain coastal erosion in the municipality of Ipojuca/PE

Emanoel Silva de Amorim¹; Gírlândia de Moraes Sampaio²; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette³; Simone Rosa da Silva⁴

¹ Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – POLI /UPE, POLITECH - Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios, Recife/PE, Brasil. Email: esa7@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6431-447X>

² Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – POLI /UPE, POLITECH - Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Construção de Edifícios, Recife/PE, Brasil. Email: gms8@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7804-0959>

³ Universidade de Pernambuco, AMBITEC (Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente), Recife/PE, Brasil. Email: klafayette@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>

⁴ Universidade de Pernambuco, AMBITEC (Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente), Recife/PE, Brasil. Email: simonerosa@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7138-7546>

Resumo: O crescimento desordenado e sem planejamento de grandes centros urbanos tende a agravar o processo de erosão costeira, tornando-se um problema que vem impactando cerca de 40% da população mundial que vive em áreas litorâneas. O presente estudo teve como objetivo apresentar o sistema BetonBloc que consiste na construção de muros compostos por blocos de concreto sem a utilização de armaduras, como alternativa para contenção marítima localizado no município de Ipojuca -PE. O processo metodológico teve início através da análise das imagens de satélite, com objetivo de identificar as transformações urbanas ao longo dos anos na área de estudo. Em seguida, por meio de estudos de perfis praias, com medições antes do início e após finalização da obra, foi feita uma análise sobre a eficiência do sistema. Como resultados observou-se um acréscimo de 257% na área urbanizada e uma redução de 72% e 46% nas áreas de corpos hídricos e de vegetação natural, respectivamente. Em todas as medições realizadas, o perfil praias após a obra é mais alto do que o perfil antes da obra. Portanto, o sistema apresentou eficiência satisfatória, destacando-se como um procedimento de rápida execução, durável e sem necessitar de manutenção a curto prazo.

Palavras-chave: Erosão costeira; Betonbloc; Contenção marítima.

Abstract: The disorderly and unplanned growth of large urban centers tends to aggravate the process of coastal erosion, becoming a problem that has been impacting about 40% of the world's population that lives in coastal areas. The present study aimed to present the BetonBloc system, which consists of the construction of walls composed of concrete blocks without the use of reinforcement, as an alternative for maritime containment located in the municipality of Ipojuca -PE. The methodological process began with the analysis of satellite images, with the aim of identifying urban transformations over the years in the study area. Then, through studies of beach profiles, with measurements before the beginning and after completion of the work, an analysis was made of the efficiency of the system. As a result, there was an increase of 257% in the urbanized area and a reduction of 72% and 46% in the areas of water bodies and natural vegetation, respectively. In all measurements taken, the beach profile after the work is higher than the profile before the work. Therefore, the system showed satisfactory efficiency, standing out as a procedure that is quick to perform, durable and does not require short-term maintenance.

Keywords: Coastal erosion; Betonbloc; Maritime containment.

Recebido: 12/02/2023; Aceito: 09/02/2023; Publicado: 19/05/2023.

1. Introdução

As zonas costeiras são consideradas espaços valiosos por possuírem grande potencial socioambiental e conter inúmeros atrativos, que atendem aos mais diversos propósitos, como turismo, recreação e moradia. Estima-se que cerca de 24,06% da população brasileira, vive em municípios litorâneos (WWF-Brasil, 2021), sendo comum desempenharem atividades econômicas correspondentes a essas áreas. Por esses motivos, nas últimas décadas esses espaços vêm se expandindo de forma acelerada, impulsionados pelo mercado imobiliário. Esse crescimento desordenado e sem planejamento tende a agravar o processo de erosão costeira, tornando-se um problema que vem impactando cerca de 40% da população mundial (FIRMINO; ALVES, 2021).

Por serem regiões onde terra, água e atmosfera interagem entre si, as zonas costeiras apresentam-se dinâmicas e diversificadas por natureza (AHMAD, 2019), modeladas através da hidrodinâmica, fenômeno responsável por gerar um fluxo contínuo de sedimentos, que muda em relação ao tempo e a intensidade (RAMOS, 2021). Essa variação entre os sedimentos que entram e os que saem é chamado de balanço sedimentar (ROSATI, 2005). Desta maneira é o balanço sedimentar que determina se na região está ocorrendo erosão, acreção ou estabilidade. Quando o balanço sedimentar é positivo, a praia recebe mais sedimento do que perde, em caso contrário é considerado negativo, causando a erosão costeira (RAMOS, 2021).

Em áreas de maior adensamento populacional, a erosão costeira se torna uma grande preocupação, pois esses ambientes por natureza já são considerados frágeis, e a crescente ocupação desses espaços pelo homem, tem acentuado os processos de degradação (VASCONCELOS, 2010). Dessa forma, a transformação da morfologia dos sistemas costeiros interage com o conjunto de processos e fatores, tais como: a energia das ondas, disponibilidade de sedimentos, interações entre os sedimentos terrestres e marítimos, a configuração geológica da zona costeira, as intervenções humanas e o aumento do nível do mar, o qual pode mudar significativamente a geografia da região afetada pela erosão, em um pequeno espaço de tempo (ELIAS *et al.*, 2022). Isso foi confirmado pelo monitoramento realizado entre os anos 2013 a 2018, pelo Ministério do Meio Ambiente Brasileiro, que constatou o aumento do processo erosivo nas zonas costeiras de 40% para 60% (BULHÕES, 2020).

As principais consequências da erosão costeira são os danos nas estruturas de defesa, além da perda do território habitável por propriedades comerciais e/ou habitacionais, e espaços recreativos. Essas consequências vêm gerando impactos severos na vida dos moradores do litoral brasileiro. Neste cenário, surgiu a gestão costeira integrada, que é um processo contínuo e dinâmico através de decisões e ações voltadas para o desenvolvimento, uso sustentável e proteção das áreas costeiras (ASMUS *et al.*, 2006).

A gestão costeira integrada é constituída de duas medidas de proteção: sendo medidas de prevenção, voltadas para evitar os impactos da erosão costeira, estabelecendo uma faixa de proteção destinada a absorver o recuo da linha da costa, adaptando os moradores para conviver com as especificidades do meio em que vivem; e as medidas mitigadoras, que engloba as construções de estruturas rígidas na área praias com o objetivo de estabilizar a linha de costa na tentativa de minimizar os impactos de ondas de alta energia. Estas medidas não eliminam as causas da erosão, apenas atenuam provisoriamente seus efeitos, além disso, necessitam de manutenção periódica para preservarem sua função, (GUIMARÃES, 2012).

Para definir o tipo de estrutura de contenção é preciso levar em consideração fatores como: características do solo, cargas atuantes, complexidade da execução, análise de custos, entre outros. As principais obras de estabilização costeira são: bagwalls, enrocamento, espigões, molhes, recifes artificiais, gabiões, quebra-mares, muros de contenção, dentre outras (GUIMARÃES, 2012).

Especificando alguns exemplos de obras de estabilização, tem-se o bagwall que é uma tecnologia onde se usa sacos de material geotêxtil para modelar o concreto. O enrocamento consiste em estruturas de pedra lançada ou arrumada, usando argamassa ou não no rejuntamento. Essa estrutura acompanha toda a linha de costa. Os quebra-mares são obras paralelas a certa distância da linha de costa, implantados em profundidades maiores que os espigões que por sua vez são obras rígidas transversais a costa em direção ao mar, feitos de rochas ou elementos pré-moldados. Todos estes métodos têm como objetivo dissipar a energia das ondas do mar retardando o processo erosivo (ALFREDINI; ARASAKI, 2009).

Contudo, o fato é que nenhuma medida de proteção costeira consegue interromper permanentemente a erosão (BRAYSHAW; LEMCKERT, 2012), sendo possível apenas minimizar seus efeitos através da execução de obras de defesa do litoral (BULHÕES, 2020). Os significativos prejuízos econômicos e os impactos no meio ambiente sofridos ao longo do tempo, vem estimulando a formulação de diferentes metodologias para a identificação da suscetibilidade à erosão costeira (FURTADO; WOODROFFE, 2021). Por esse motivo, é de fundamental importância verificar outras soluções estruturais que atuem como defesa costeira.

O presente artigo propõe a aplicação do sistema BetonBloc como alternativa a contenção da erosão costeira, utilizando como área de estudo um trecho do litoral do município Ipojuca/PE, avaliando aspectos de eficiência do uso, custo e durabilidade.

2. O sistema Betonbloc

O sistema BetonBloc é uma tecnologia de contenção marítima de origem holandesa, que consiste na construção de um muro composto por blocos de concreto, sem utilização de armadura, que se encaixam perfeitamente formando uma estrutura semirrígida, sendo suficiente para conter a energia do mar através da dissipação da energia no próprio corpo da contenção (Figura 1a e 1b).

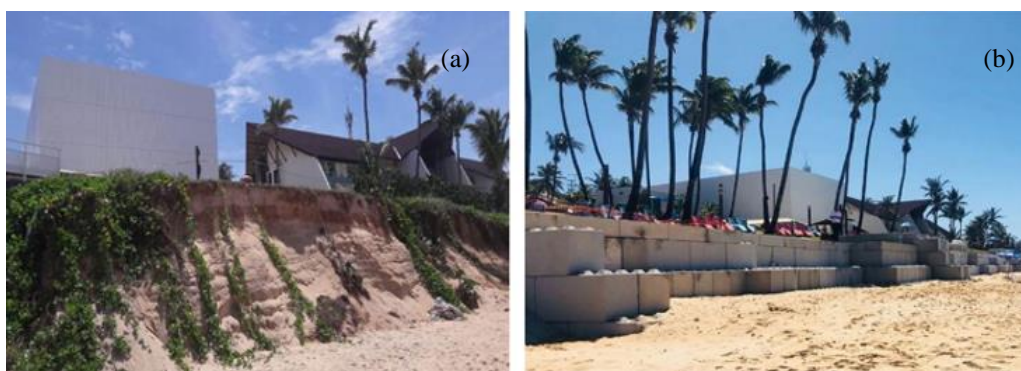


Figura 1 – Aplicação do Sistema BetonBloc: antes (a); depois (b) - Natal/RN.
Fonte: Autores (2023).

Esse sistema apresenta função dupla, pois a montante atua como contenção marítima, dissipando a energia de impacto das ondas e a jusante age como arrimo, suportando o peso que o terreno cria sobre o muro de contenção. Nas Figuras 2a 2b estão o perfil transversal e a perspectiva do sistema Betonbloc, respectivamente.

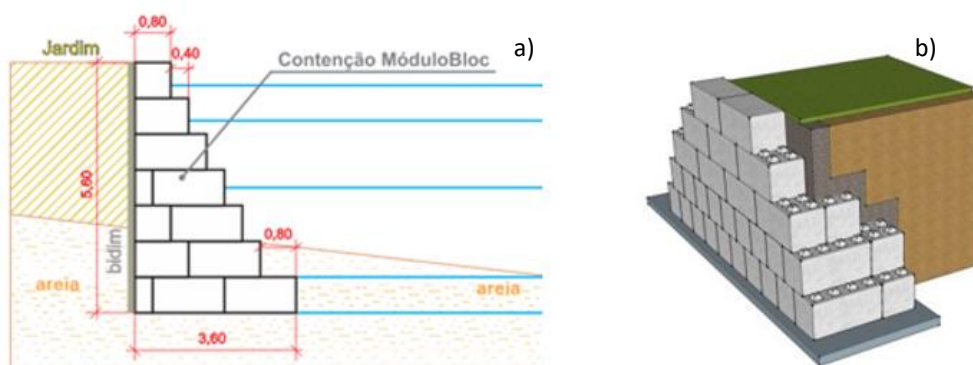


Figura 2 – Sistema BetonBloc a) perfil transversal b) perspectiva.
Fonte: Autores (2023).

No sistema BetonBloc existe características favoráveis em relação as demais tipologias de defesa costeira, pois apresenta: (a) menor prazo de execução, pois a utilização de peças pré-moldadas e em módulos confere velocidade a obra. Quando comparadas com outras tecnologias a redução de tempo é da ordem de 4:1; (b) contenção escalonada, pois possui uma geometria de montante em forma de escada para dissipar a energia do mar, reduzir a força do retorno das ondas e diminuir o spray da água após o contato com o muro.

3. Caracterização da área

O litoral de Pernambuco se estende por 187 km, correspondendo a uma área entre a divisa com a Paraíba ao Norte até a divisa com o estado de Alagoas, representando cerca de 3% da linha de costa do Brasil. Entretanto, apenas 13 municípios se encontram na faixa litorânea, setorizadas por Norte, Núcleo Metropolitano e Sul (LINO *et al.*, 2014).

O município de Ipojuca está localizado no litoral sul de Pernambuco, que pertence a Mesorregião Metropolitana do Recife e Microrregião de Suape e se destaca principalmente por suas belas praias. A praia de Muro Alto possui cerca de 3 km de extensão, formada por longos arrecifes que criam piscinas naturais e mar calmo, oferecendo grande potencial para crescente urbanização (IBGE, 2022). Na Figura 3 é mostrado o mapa de localização da área de estudo.

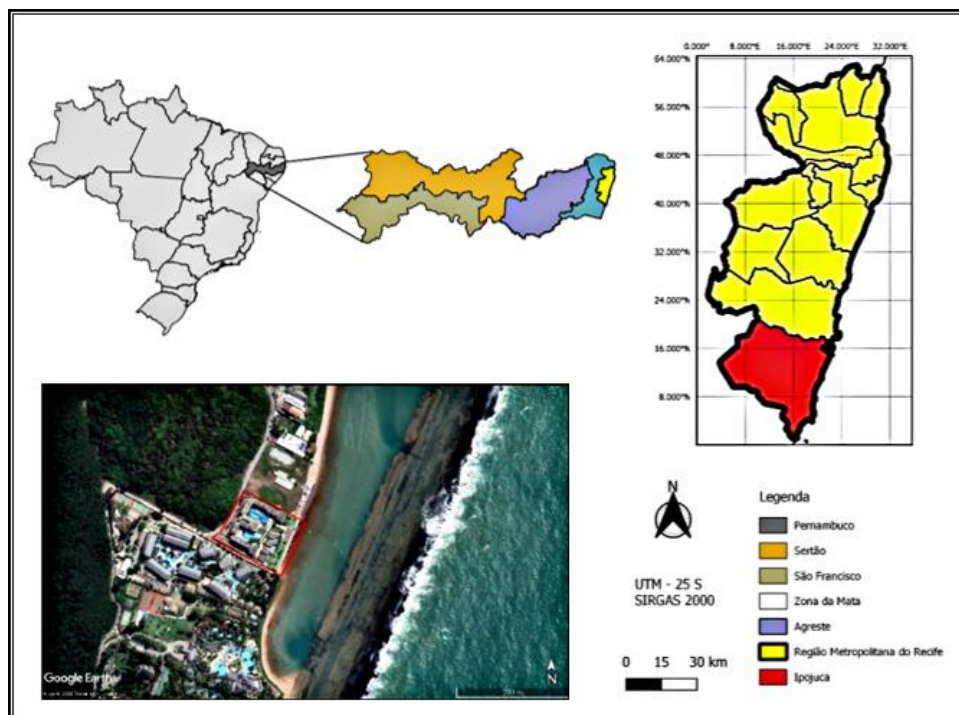


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Autores (2023).

O município de Ipojuca apresenta clima tropical contribuindo com elevadas temperaturas durante praticamente todo o ano, com verões quentes as máximas podem chegar a 30°. No inverno apresenta mais pluviosidade, sendo chuvoso e ameno podendo chegar a 15 °C. Está localizada numa área com alta pluviometria, com uma média anual de 1239 mm. No mês de junho a umidade relativa do ar chega a 83,46%. Com relação a vegetação predominante é do tipo floresta sub perenifólia (Floresta Tropical Atlântica), que gradativamente é tomada pela cultura da cana-de-açúcar na zona úmida costeira. A vegetação litorânea de Pernambuco está representada principalmente por campos de rasteira, mata rasteira, cerrado, mata atlântica e mangues que se encontram pela influência das marés (IBGE, 2023).

A hidrografia de Pernambuco é formada pelos rios, São Francisco, Capibaribe, Ipojuca, Una, Pajeú e Jaboatão. O Rio Ipojuca é caracterizado por ser o mais extenso do Pernambuco, com nascentes na zona do agreste percorrendo para leste-oeste, atravessando um percurso de 320 km. Seu corpo d'água foi bastante modificado durante os últimos anos, em consequência da instalação do Complexo Portuário de Suape (PREFEITURA DO IPOJUCA, 2023).

O município de Ipojuca é considerado como um dos maiores polos industriais de Pernambuco, possuindo um dos principais portos do nordeste e um setor da indústria da transformação bastante desenvolvido. A atividade econômica predominante no município é a monocultura da cana-de-açúcar, historicamente voltada para preencher o mercado internacional, ainda que abasteça também o mercado regional. A procura crescente pelo produto vem provocando a

expansão da área de cultivo antes limitadas às várzeas dos rios que cortam toda a região (PREFEITURA DO IPOJUCA, 2023)

A cada ano conquistando mais turistas, o setor da praia de Muro Alto é caracterizado por apresentar vegetação nativa, coqueirais e piscinas naturais, além de passeios turísticos atrativos. No setor se encontra uma dinâmica residencial de condomínios de alto padrão, hotéis de luxo e pousadas.

A área de estudo possui um terreno de aproximadamente 6.160,93m², onde está localizado um condomínio residencial de alto padrão, construído desde 2005 a beira mar de Muro Alto, e com uma extensão de 120m voltada para a linha de costa. A área de estudo apresentava um muro de contenção marítima do tipo auto afundante, onde a infraestrutura existente encontrava-se em péssimo estado de conservação, oferecendo alto risco de desmoronamento e perigo a população. O muro existente foi se degradando devido ao avanço do mar e a erosão causada pelo vortex das ondas, como mostra a Figura 4. A vazão da areia existente na plataforma de abrasão contribuiu para o tombamento dessa infraestrutura.



Figura 4 – (a,b,c) situação do muro de contenção marítima existente, Ipojuca/PE.

Fonte: Autores (2023).

4. Metodologia

A pesquisa é de natureza aplicada com finalidade práticas e imediatas, utilizando uma abordagem quanti-qualitativa para apresentar um novo sistema de proteção ao processo de erosão costeira. A análise foi realizada entre os anos de 2018 e 2021, compreendendo a situação da área de estudo antes, durante e após a intervenção em sistema betonbloc.

4.1 Identificação das Transformações Urbanas

Identificar as transformações urbanas consiste na observação do progresso da erosão costeira ao longo do tempo. Para isso, foi necessário analisar a série histórica das modificações urbanas, para entender quais fatores contribuíram para esse processo. Foram utilizadas imagens dos anos de 1985, 2006 e 2019, com escala de 1:100, obtidas através do software Google Earth Pro Versão 7.3.3.7786 (64-bit), que se baseia no Sistema Geodésico de Referência WGS 84.

Através da ferramenta adicionar polígono e/ou adicionar caminho (situados na barra de ferramentas do Google Earth Pro) foi realizada a vetorização das feições de uso e ocupação do solo. Com a quantificação das áreas foi possível verificar o percentual de contribuição de camada em relação à área total da região estudada, conforme a Equação 1 (MOURA, 2021):

$$A_c (\%) = \frac{A_c}{A_t} \times 100$$

Onde:

A_c (%): Percentual de contribuição da área da feição de uso e ocupação do solo;

A_c : Área de feição de uso e ocupação do solo (ha);

A_t : Área total da região estudada (ha).

A Tabela 1 apresenta as feições de área urbanizada, área de vegetação natural, área de solo exposto, área de praia emersa e área de corpos hídricos. Além disso, foi localizado as mudanças na linha de costa.

Tabela 1 – Classificação dos tipos de feições

FEIÇÕES	DESCRIÇÃO
Área Urbanizada	Superfície impermeabilizada mediante ação antrópica (construções e/ou áreas pavimentadas)
Área de Vegetação Natural	Área com presença de cobertura vegetal de grande e/ou pequeno porte (árvores, vegetação rasteira)
Área de Solo Exposto	Área com ausência de vegetação (processos erosivos e/ou queimadas)
Área de Praia Emersa	Área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico (areias, cascalhos, seixos e pedregulhos).
Área de Corpos Hídricos	Área com acumulações significativas de água na superfície.

Fonte: Moura (2021).

4.2 Elaboração do projeto executivo

Como alternativa para conter a erosão foi verificada a possibilidade de criar uma barreira física (muros de contenção) capaz suportar a energia que o mar exerce sobre a contenção, dissipar com maior amplitude as ondas, enfraquecendo assim seu vortex e diminuindo o máximo possível a supressão da plataforma de abrasão. A proposta de projeto de contenção marítima contemplou a construção e substituição de todo o muro de contenção existente para o sistema BetonBloc que possui uma fundação mais profunda.

4.3 Processo construtivo e monitoramento do pós-obra

Na fase que aconteceu a construção do muro foi avaliada o processo de fabricação dos blocos, logística de execução, entre outros. O acompanhamento do processo erosivo foi realizado através do levantamento topográfico planialtimétrico, sendo essencial para determinação do nível 0,00m do mar e o desenho que a água faz na praia na baixa mar de sizígia*. Dessa forma, para certificar a eficiência do sistema, ocorreu um monitoramento do perfil praias antes e pós obra e mais quatro medições a cada três meses. O controle do perfil praias teve como objetivo caracterizar a dinâmica de sedimentação da praia ao longo do tempo, identificando os principais indicadores da erosão costeira, além de definir a classificação do risco, antes, durante e após a execução da obra.

Para o monitoramento do perfil praias antes da obra foram realizados dois levantamentos topográficos planialtimétricos georreferenciados, sendo um no início do projeto nomeado “Primitivo – maio/2019” e o outro “Pré Obra – outubro/2019”, com intervalo de cinco meses de um para o outro. Tomando como base as marcas da topografia no muro, para maior precisão no monitoramento as seções topográficas foram feitas sempre nos mesmos locais. Ao término da obra foi realizada medições denominadas “Pós Obra – fevereiro/2020”. Em seguida, foi destacado e comparado os resultados da eficiência do sistema das seguintes medições:

- “Primitivo – maio/2019” e “Pré Obra – outubro/2019”
- “Pré Obra – outubro/2019” e “Pós Obra – fevereiro/2020”

5. Resultados e discussão

A construção dos mapas temáticos a partir da vetorização das ortofotocartas, imagens das fotografias aéreas permitiu a análise da evolução de cada uma das tipologias de uso e ocupação do solo. Nas Figuras 5 a 7 é possível observar a malha urbana do ano de 1985, 2006 e 2019, respectivamente, destacando a áreas de solo exposto, corpo hídrico, praia emersa, área urbana e vegetação.

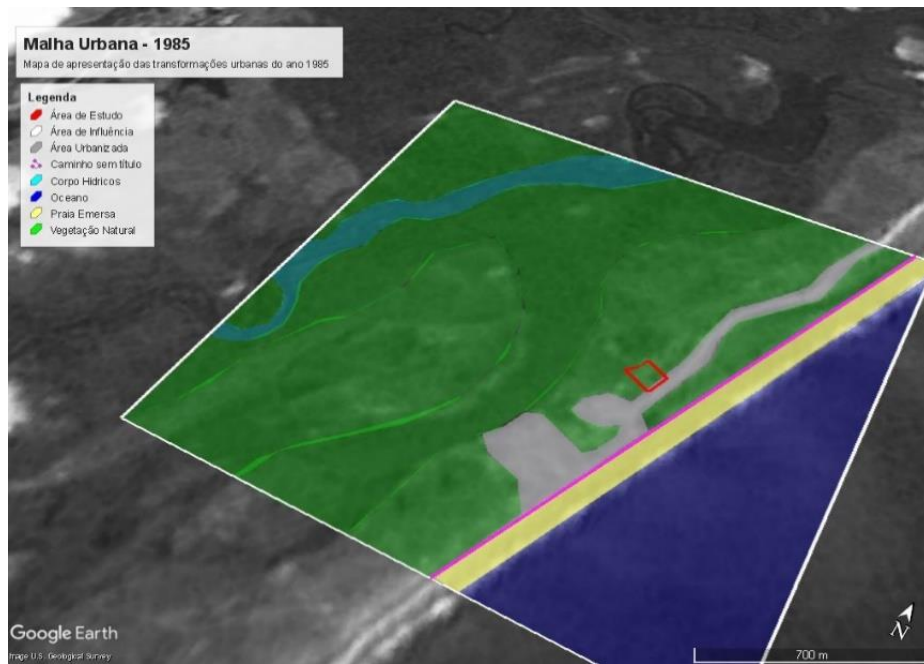


Figura 5 – Transformações urbanas 1985

Fonte: Autores (2023)

* termo da Astronomia que identifica genericamente o alinhamento de três corpos pertencentes a um sistema gravitacional. Ocorrem durante a lua nova e cheia e caracterizam-se por preamares de grande altura e baixa-mares muito baixas.



Figura 6 – Transformações urbanas do ano de 2006

Fonte: Autores (2023).



Figura 7 – Transformações urbanas do ano de 2019

Fonte: Autores (2023).

Na Tabela 2 são apresentadas a área, em hectares (ha), e a porcentagem (%) de ocupação de cada feição do solo com o decorrer dos anos. Na Tabela 3 é demonstrada a taxa de variação de cada feição, em porcentagem (%), comparação de cada um dos três anos de medição com o seu ano anterior.

É importante destacar as causas da erosão costeira na área de influência, pois houve um grande avanço do mar, aumento das áreas urbanizadas na costa e afunilamento dos corpos hídricos, com presença de pontos de assoreamentos. O nível de urbanização aumentou 257% entre os anos de 1985-2019, fato causado pela diminuição da área de vegetação natural e estrangulamento da praia emersa. Esses fatores foram primordiais para impactar na remodelação da linha de costa na área de influência.

Tabela 2 – Área e percentual de ocupação de cada feição de uso e ocupação do solo com decorrer dos anos.

FEIÇÃO	ÁREA OCUPADA					
	1985		2006		2019	
	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Área Urbanizada	22,2	4	38,3	7	57,1	11
Corpos Hídricos	30,6	6	25,53	5	21,9	4
Vegetação Natural	439,6	85	223,34	43	202	39
Praia Emersa	22,6	4	3,66	1	5,48	1
Solo Exposto	0,1	0	86,18	17	60,67	12
Área de Influência	515		515		515	

Fonte: Autores (2023).

Tabela 3 – Taxa de variação de cada feição de uso e ocupação do solo com decorrer dos anos.

FEIÇÃO	TAXA DE VARIAÇÃO (%)		
	1985 a 2006	2006 a 2019	1985 a 2019
Área Urbanizada	173	149	257
Corpos Hídricos	83	86	72
Vegetação Natural	51	90	46
Praia Emersa	16	150	24
Solo Exposto	8618	70	6067

Fonte: Autores (2023).

5.1 Avaliação do projeto executivo

O muro de contenção em BetonBlo foi projetado com fundação construída abaixo do nível 0,00 m do mar. Essa característica tem como função impedir o transporte sedimentar transversal sob a fundação do muro, evitando assim, a desestabilização do muro de contenção (Figura 8).

Foram utilizados 1.671 blocos de concreto pré-moldados com encaixe travado horizontalmente do tipo macho e fêmea, assentados com juntas verticais desencontradas, sem uso de rejuntamento, armação e tirantes, como mostra a Figura 9 e Figura 10. O muro de contenção marítima possuía uma extensão total de 121,60m, com extensão frontal (leste) 1de 00,80 m, extensão lateral (sul) de 6,40 m e extensão lateral (norte) de 14,40 m, conforme Figura 10.

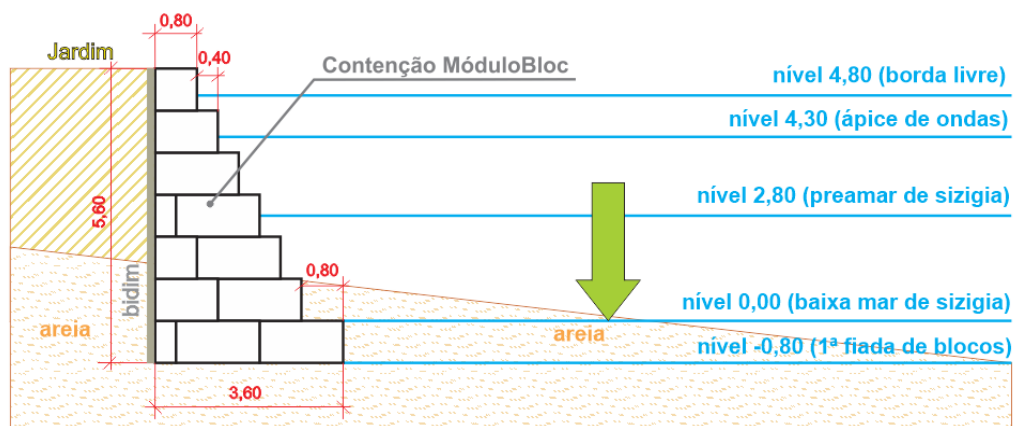


Figura 8 – Perfil transversal do muro de contenção marítima em BetonBlo, Ipojuca/PE.

Fonte: Autores (2023).

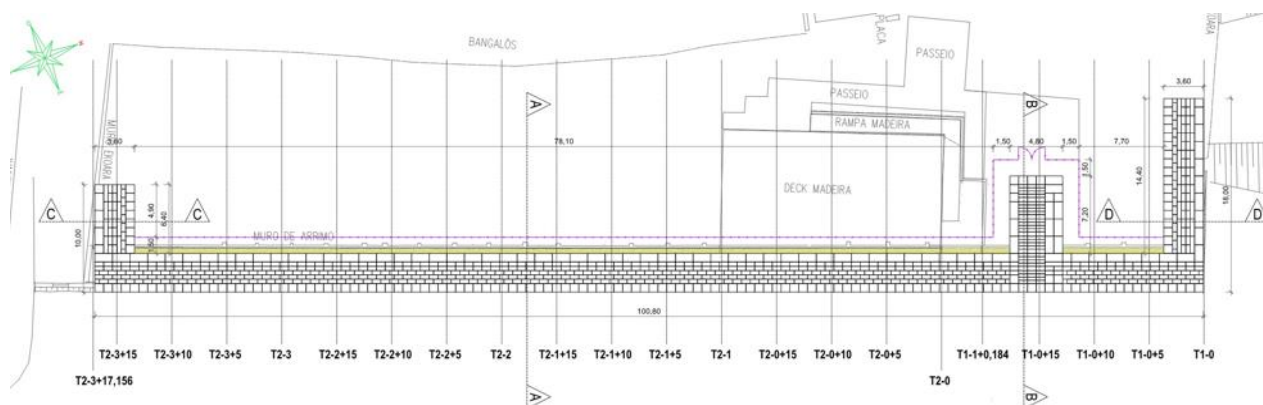


Figura 9 – Planta baixa – projeto executivo contenção marítima em BetonBlo, Ipojuca/PE

Fonte: Autores (2019).

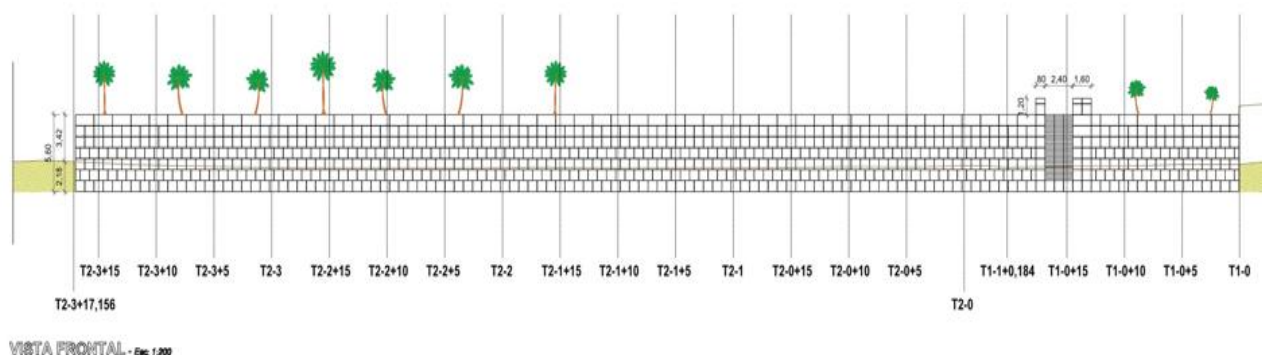


Figura 10 – Vista frontal – projeto executivo contenção marítima em BetonBloc, Ipojuca/PE.

Fonte: Autores (2019).

Tabela 4 – Características do projeto, Ipojuca/PE.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE DE BLOCOS (unid)	VOLUME DE CONCRETO (m ³)	COMPRIMENTO DA CONTENÇÃO (m)
Confecção, fornecimento e montagem de blocos de concreto articulados , pré-moldados, tipo BetonBloc, com dimensões médias 0,80m x 0,80m x 1,60m, com concreto de 35MPa.	1.650,00	1.478,71	119,20
Confecção, fornecimento e montagem de blocos de concreto articulados, pré-moldados, de escadaria tipo BetonBloc, com função dupla: acesso de pedestre (padrão NBR 9050/2015) e contenção marítima	21,00	18,82	2,4
Total	1.671,00	1497,53	121,60

Fonte: Autores (2019).

5.2 Análise do processo construtivo

No processo de fabricação dos blocos foram usadas fôrmas metálicas armadas em cima de chapas também metálicas. O concreto foi derramado diretamente dentro da fôrma, onde não houve resquícios de madeiras, sacos, areia e qualquer outro insumo no processo de fabricação, garantindo a homogeneidade do concreto, figura 11. Após 3 dias de concretados os blocos foram desformados e armazenados no galpão. Foram transportados para o local da obra, apenas os blocos que seriam utilizados no dia da montagem. No processo de fabricação dos blocos foram usadas fôrmas metálicas armadas em cima de chapas também metálicas.

A confecção dos blocos de concreto foi realizada em áreas internas de galpões, já existente próximo ao local da obra, não sendo necessário portanto, a construção de novas edificações para fabricação dos mesmos. Sendo necessário um período de 60 dias para fabricação total dos blocos.

Embora tenha sido um sistema que apresentou um custo total aproximado aos demais disponíveis no mercado, o BetonBloc se destacou em alguns fatores como: pequeno prazo de execução; não houve necessidade de novas instalações para fabricação dos blocos de concreto; utilizou apenas de caminhão para transporte dos blocos; escavadeira elétrica para escavação do material; caminhão com manipulador telescópico para transporte e lançamento dos blocos; envolve apenas 6 funcionários para execução, além de não gerar manutenções a curto prazo.



Figura 11 – Modelagem e concretagem dos blocos a) concretagem b) desforma do bloco de concreto
Fonte: Autores (2019).

Na Figura 12 é demonstrada a execução da contenção marítima já fase de conclusão da obra



Figura 12 – Execução da contenção marítima / Ipojuca -PE
Fonte: Autores (2019).

5.3 Avaliação do pós-obra

Constatou-se que o sistema de blocos de concreto – BetonBloc, usado como contenção marítima, cumpriu a função de a montante dissipar a energia de impacto das ondas, e a jusante suportar o peso que o terreno cria sobre o muro de contenção. Para os levantamentos topográficos planialtimétricos “Primitivo – maio/2019” e o “Pré Obra – outubro/2019”, verificou-se que no período anterior a execução da obra o perfil da seção 0+0,00 apresentou uma perda de 28 cm de altura de areia (Figura 12-a). Nessa medição, o perfil que mais se destacou com perda de altura de areia foi o 0+10,00 com 71cm a menos de altura (Figura 12-b).

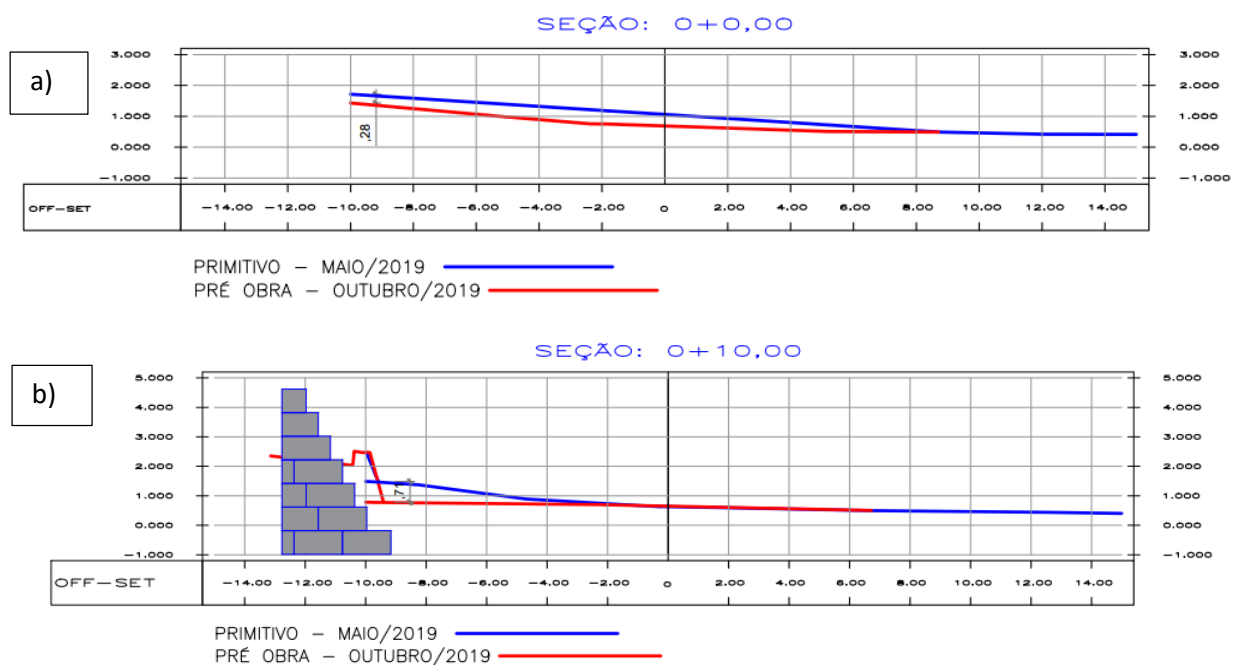


Figura 12 – Comparativo de níveis topográficos de contenção marítima: a) primitivo-maio/2019; b) pré obra – outubro/2019

Fonte: Autores (2019).

Na Tabela 5 são apresentadas todas as seções e seus respectivos resultados de perda de altura de areia, mostrando o acelerado processo de erosão que já existia antes da obra.

Tabela 5 – Sobreposições de perfis primitivo x pré-obra e de perfis pré-obra e pós-obra.

SEÇÃO (m)	PRIMITIVO (05/2019) x PRÉ OBRA (10/2019)	PRÉ OBRA (10/2019) x PÓS OBRA (02/2020)
0+0,00	-0,28	0,80
0+10,00	-0,71	0,95
1+0,00	-0,67	1,08
1+10,00	-0,61	1,15
2+0,00	-0,50	1,24
2+10,00	-0,34	1,25
3+0,00	-0,34	1,20
3+10,00	-0,34	1,25
4+0,00	-0,38	1,35
4+10,00	-0,40	1,34
5+0,00	-0,55	1,18
5+10,00	-0,35	0,70

Fonte: Autores (2019).

No monitoramento do perfil praiial pós obra, a primeira medição foi realizada em fevereiro/2020, após 30 dias da conclusão da obra, onde foi denominada “Pós Obra – fevereiro/2020” que foi o início do monitoramento do perfil praiial dos 12 meses seguintes. Na medição “Pré Obra – outubro/2019” e “Pós Obra – fevereiro/2020”, verificou-se um ganho de

80 cm de altura de areia na seção 0+0,00 (Figura 13-a). A seção 4+0,00 foi a que mais se destacou apresentando um acréscimo de 1,35 cm de altura de areia, indicada na Figura 13-b.

Analisando a sobreposição dos perfis Pré Obra – outubro/2019 e Pós Obra – Fevereiro/2020, verificou-se que o perfil praiado imediatamente após a obra é mais alto do que o perfil antes da obra em todas as seções da medição (Tabela 5).

Constatou-se que mesmo ocorrendo erosão acumulada em alguns períodos, o nível da areia ainda se encontra acima do nível que estava antes da implantação da estrutura de defesa marítima, mostrando que após a conclusão da obra, o sistema de contenção apresentou eficiência satisfatória.

Toda estrutura de concreto, em qualquer ambiente está sujeita a deterioração por agentes presentes no meio ambiente, porém quanto mais forte e agressivo o meio, mais rápida será o processo de deterioração da estrutura. Na natureza um dos fatores mais agressivos ao concreto, é o contato com águas oriundas de marés. O sistema de blocos de concreto pré-moldados betonbloc foi instalado no local de estudo, considerando sua durabilidade e resistência.

O perímetro da contenção totalizou em 121,60 m lineares e o custo total da obra chegou a 1.402.226,57 (um milhão quatrocentos e dois mil duzentos e vinte e seis reais e cinquenta e sete centavos). A execução do sistema de blocos modulares de concreto betonbloc aplicado como muro de contenção marítima custou 11.907,00 R\$ (onze mil, novecentos e sete reais) por metro linear de contenção.

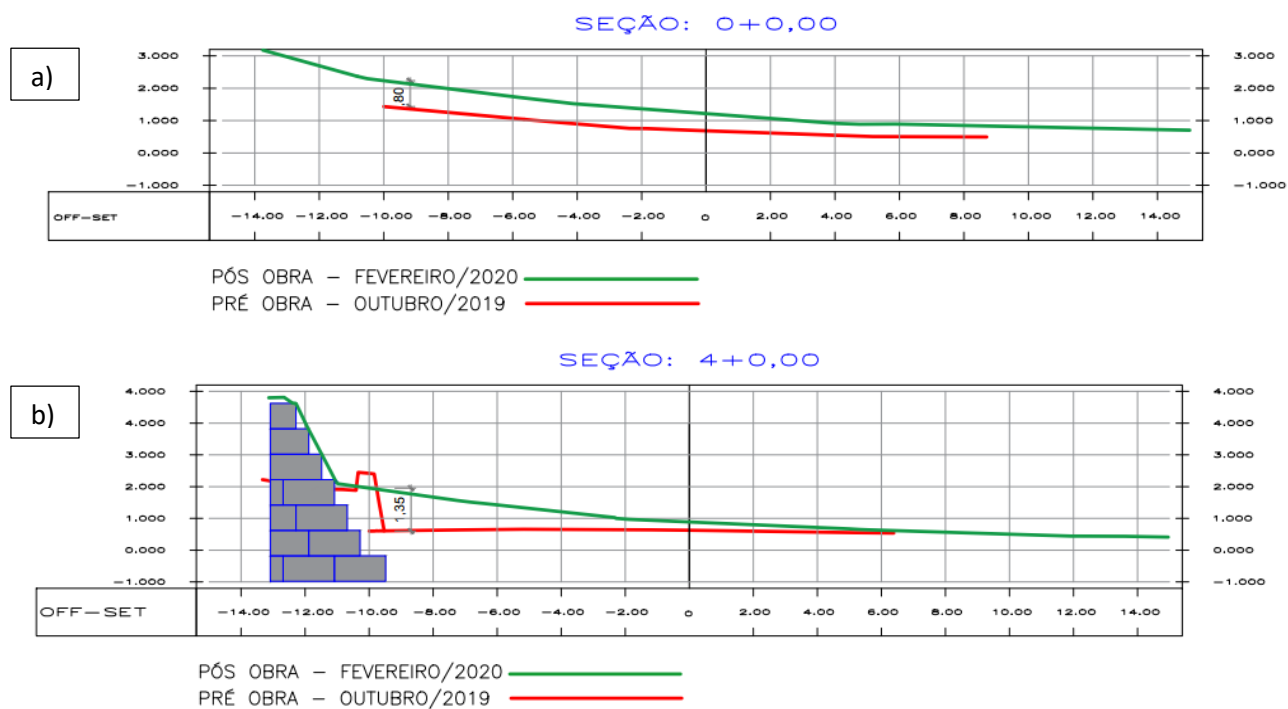


Figura 13 – Comparativo de níveis topográficos de contenção marítima: a) pré obra – outubro/2019; b) pós obra – fevereiro/2020

Fonte: Autores (2020).

6. Conclusão

Entre os resultados encontrados foi possível observar que nos últimos 60 anos houve uma intensa modificação da linha de costa, causada pelo avanço do mar e o aumento da urbanização, intensificando a erosão costeira na área de estudo, sendo necessária a modificação da contenção marítima existente. A proposta de intervenção escolhida foi a utilização de um sistema de blocos de concreto articulados, pré-moldados, com o objetivo de estabilizar o muro de contenção, evitando desta forma, a movimentação de material sedimentar para fundação do muro.

Através de estudos do comportamento morfodinâmico do perfil praiado, observou-se a variação do perfil transversal da praia, nos dias de marés altas, o sistema apresentou eficiência na função de estabilizar a linha de costa e minimizar o

impacto da força das ondas. Com a aplicação deste método ocorreu rápida produção dos blocos e tempo de execução da contenção, chegando a três meses a conclusão da obra.

Por fim, o sistema Betonbloc mostrou resultados que comprovam a eficácia na sua funcionabilidade, podendo ser utilizado como suporte de tomada de decisão, no emprego de blocos pré-moldados de concreto com a finalidade de uso em contenções.

Agradecimento

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

Referências

- ABNT - Associação de Normas Técnicas, NBR 6118- Projeto de estruturas de concreto, (2014).
- ASMUS *et al.* (2006), **Gestão Costeira no Brasil: instrumentos, fragilidades e potencialidades**, Rio Grande – RS. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/2053>
- ALFREDINI, P. & ARASAKI, E. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2009.
- AHMAD, H. Bangladesh coastal zone management status and future trends. **Journal of Coastal Zone Management**, Bangladesh, v. 22:1, n. 1000466, 30 de jan. 2019. Departamento de Oceanografia, p. 466.
- BRAYSHAW, S.; LEMCKERT, C. **Armadilhas da Estabilização da Linha de Costeira – Tweed River Mouth, Gold Coast, Austrália**. In: Cooper, J.; Pilkey, O. (eds) Pitfalls of Shoreline Stabilization. Biblioteca de Pesquisa Costeira, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4123-2_1
- BULHÕES, E. **Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral**. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 655-688. ISBN 978-65-992571-0-0
- ELIAS, E. P. L.; PEARSON, S. G.; VAN DER SPEK, A. J. F.; PLUIS, S. Understanding meso-scale processes at a mixed-energy tidal inlet: Ameland Inlet, the Netherlands – Implications for coastal maintenance, **Ocean & Coastal Management**, v. 222, e 106125, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106125>
- FIRMINO, L. A. C.; ALVES, L. D. Percepção socioambiental da população sobre eventos de erosão costeira no litoral de Atafona, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Do Departamento De Geografia**, 41(1), e 173598. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.173598>
- FURTADO, T. V.; BONETTI, J. Proposta metodológica para o mapeamento de danos causados por eventos extremos em praias densamente urbanizadas. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 53, n. 2 (especial), p. 120-127, 2021.
- GUIMARÃES, B. F. C. **Erosão costeira e produção de blocos para obras de proteção com enrocamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Geoambiente) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. FEUP, Porto, 2012.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/ipojuca.html>
- LINO, A. P.; MARTINS, K. A.; PEREIRA, P. S.; LIMA, J. P.; ARAÚJO, A. S.; GONÇALVES, R. M.; OLINTO, A.; OLIVEIRA, A.; FISCHER, A.; ARAÚJO, R. J.; LIRA, V. A. (2014). **Mapeamento da linha de costa de Pernambuco**. Centro de Tecnologia e Geociências, Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, Recife/PE, 10 p.

MMA - **Ministério do Meio Ambiente**, 2022, disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha.html>

MOURA, E. R. **Análise temporal da erosão costeira e degradação ambiental em um trecho do litoral sul de Pernambuco**. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife – PE, 2021.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE IPOJUCA, 2023. Disponível em: <https://www.ipojuca.pe.gov.br/servicos/conheca-o-ipojuca/>.

REDE WWF-BRASIL, 2021, disponível em: <https://www.wwf.org.br/?62542/WWF-Brasil-e-CI-apoiam-revisao-da-Zona-Costeira-e-Marinha-do-pais>

RAMOS, L. F. **Diagnóstico dos processos de erosão costeira em um período de 35 anos (1985 - 2020) em relação à atividade de exploração de petróleo em terra no Rio Grande do Norte**. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Mar) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2021.

ROSATI, J. D. Concepts in sediment budgets. **Journal of Coastal Research**, 21(2), 307–322. West Palm Beach (Florida), 2005, ISSN 0749-0208.

VASCONCELOS, R. G. F. **Estudo do fenômeno da erosão marinha na praia de Icarai no município de Caucaia-Ceará**. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Segurança Pública e Defesa Civil) – Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO, Fortaleza – CE, 2010.

