



ENTAC 2024

XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024



Tecnologia de Contenção: Inovação com Anéis Hexagonais e Blocos de Concreto Pré-Moldados

Containment Technology: Innovation with Hexagonal Rings and Precast Concrete Blocks

Emille Cristine de Castro Lins

Centro Universitário Mario Pontes Jucá - UMJ | Maceió | Brasil |
emillecastrolins@gmail.com

Alisson Cavalcante Lima

Centro Universitário Mario Pontes Jucá - UMJ | Maceió | Brasil |
alissoncavalcantelima@hotmail.com

Roberto dos Santos Monteiro

Centro Universitário Mario Pontes Jucá | Maceió | Brasil |
roberto.monteiro@umj.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar a tecnologia de contenção da erosão marítima aplicada na orla de Maceió, utilizando a metodologia holandesa com blocos maciços e anéis hexagonais de concreto pré-moldado, sem a necessidade de ferragens. Maceió enfrenta desafios com o avanço do mar sobre o continente, agravados pelo déficit sedimentar e variações meteorológicas que resultam em ressacas frequentes e danos às infraestruturas urbanas, além da perda de vegetação devido a atividades humanas ao longo da costa. Em resposta a esse cenário, foram conduzidos estudos para mitigar os impactos da erosão marítima e conter o avanço do mar. Entre as abordagens consideradas estão o uso de gabiões, enrocamento com pedra granítica, muros de arrimo, bagwall, sandbags e agora a implementação de anéis hexagonais e blocos maciços de concreto como medidas de contenção costeira. A utilização dos anéis hexagonais e dos blocos maciços visa dissipar eficientemente a energia das ondas e atuar como barreiras físicas para desacelerar a erosão e proteger o solo costeiro. Essa estratégia multifacetada representa uma alternativa promissora para enfrentar os desafios da erosão costeira na orla de Maceió.

Palavras-chave: Contenção marítima. Anéis hexagonais. Blocos maciços. Erosão costeira.

Abstract

This paper aims to present the coastal erosion containment technology applied on the shoreline of Maceió, utilizing the Dutch methodology with solid concrete blocks and precast hexagonal rings, without the need for reinforcements. Maceió faces challenges posed by advancing seas onto the mainland, exacerbated by sediment deficit and meteorological variations resulting in frequent storm surges and damage to urban infrastructure, as well as loss of vegetation due to human activities along the coast. In response to this scenario, studies have been conducted to



Como citar:

LINS, E. C. C., LIMA, A. C., MONTEIRO, R.S. Tecnologia de Contenção: Inovação com Anéis Hexagonais e Blocos de Concreto Pré-Moldados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024, Maceió: ANTAC, 2024.

mitigate the impacts of coastal erosion and halt sea encroachment. Among the considered approaches are the use of gabions, granite stone revetments, retaining walls, bagwalls, sandbags, and now the implementation of hexagonal rings and solid concrete blocks as coastal containment measures. The use of hexagonal rings and solid blocks aims to efficiently dissipate wave energy and serve as physical barriers to decelerate erosion and protect coastal soil. This multifaceted strategy represents a promising alternative to address the challenges of coastal erosion along the shoreline of Maceió.

Keywords: Maritime containment. Hexagonal rings. Massive blocks. Coastal erosion.

1 INTRODUÇÃO

A erosão costeira é uma crescente ameaça em áreas urbanas litorâneas, impulsionando a busca por soluções inovadoras e eficazes para proteger as costas e as comunidades vizinhas. Maceió, sendo uma cidade litorânea de grande importância econômica e social, enfrenta desafios relacionados à perda de terras, danos a infraestruturas e riscos ambientais. Nesse contexto, a implementação de intervenções de contenção costeira se torna crucial para proteger o litoral da cidade e garantir a sustentabilidade das áreas costeiras. Para Souza [1], é necessário fazer um estudo de reconhecimento do problema, para então realizar um estudo de viabilidade do projeto a ser executado. A metodologia inovadora utilizada na orla de Maceió é a primeira alternativa (estrutura física), pois consiste em implantar uma rampa em anéis hexagonais de concreto pré-moldado, capaz de suportar a energia das ondas do mar, atenuar o processo erosivo natural que está ocorrendo nas localidades. Por outro lado, os blocos maciços atuam como barreiras físicas, desacelerando a erosão e protegendo o solo costeiro. [2]

A contenção marítima refere-se às técnicas e estruturas projetadas para proteger áreas costeiras contra os efeitos da erosão, avanço do mar e outras forças naturais. Essas técnicas visam estabilizar o solo costeiro, proteger infraestruturas urbanas e naturais, além de preservar ecossistemas sensíveis. A implementação de estratégias de contenção marítima é fundamental para mitigar os impactos negativos causados pela ação das ondas, correntes e variações climáticas nas regiões litorâneas. Esses impactos podem incluir a perda de terras costeiras, erosão de praias, destruição de habitats naturais, ameaças à infraestrutura urbana e riscos para a segurança das comunidades costeiras.

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas e aplicadas para conter os avanços do mar e mitigar os impactos da erosão costeira. Cada uma dessas abordagens apresenta características específicas, conforme é apresentado no Quadro 1.

Os métodos dissipativos anteriormente empregados na orla de Maceió visavam reduzir os danos causados pela ação das ondas. Contudo, as estruturas existentes não lograram conter efetivamente o processo erosivo no local de implementação, destacando a necessidade de um estudo mais aprofundado para desenvolver métodos mais eficazes na dissipação da força das ondas e prevenção do processo erosivo que tem impactado a orla da cidade [3]. Diante desse cenário, a equipe técnica da Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió (SEMINFRA) identificou 23 premissas tecnológicas para a seleção da metodologia mais adequada na contenção do processo erosivo na orla de Maceió, conforme detalhado no Quadro 2.

Quadro 1 – Descrição das metodologias de contenção marítima utilizadas anteriormente na Orla de Maceió/AL

Metodologia	Descrição
Enrocamento com pedra granulítica	Consiste na disposição estratégica de blocos rochosos paralelos à praia, atuando como uma barreira de proteção temporária para as construções próximas ao mar.
Bolsacreto	Utiliza bolsas geotêxteis preenchidas com concreto, formando uma barreira resistente e adaptável ao ambiente marinho.
Muro de arrimo	São construções verticais que garantem a estabilidade do solo, transmitindo cargas para fundações adequadas e protegendo áreas vulneráveis.
Sandbag	São sacos de areia empilhados para criar escudos contra a força das ondas, sendo facilmente removíveis quando necessário.
Bagwall	Utiliza geoformas preenchidas com concreto para formar barreiras sólidas e estáveis ao longo da costa.
Gabião	são estruturas flexíveis de baixo custo, compostas por sacos preenchidos com pedras, proporcionando estabilidade aos taludes e às estruturas costeiras.

Fonte: os autores.

Quadro 2 – Premissas tecnológicas para escolha do sistema de contenção marítima utilizado na orla de Maceió/AL

Premissa	Descrição
1	Atender ao objetivo desejado, qual seja: proteger a via pública e redes de concessionárias, através da instalação da contenção marítima costeira
2	Resistência estrutural aos esforços aos quais a estrutura será submetida – As áreas a serem protegidas estão localizadas em áreas de contato com o mar com incidência de ondas
3	Ter a fundação assentada abaixo do 0,00m (zero hidrográfico)
4	A Geometria de montante deverá ser em forma de “escada” ou rampa para dissipar a energia das ondas
5	Estrutura semirrígida para dissipar a energia das ondas no próprio corpo da estrutura
6	Ter função dupla: Contenção marítima a montante e arrimo a jusante para suportar os também esforços que o terreno fará sobre a estrutura
7	Silhueta longitudinal e não transversal para não influenciar na dinâmica sedimentar local
8	Combater o vórtex das ondas para não acelerar o processo de erosão marítima
9	Não interferir na fauna e flora do local
10	Não modificar a dinâmica das ondas
11	Acessibilidade (padrão NBR 9050/2015)
12	Não alterar as condições batimétricas do mar
13	Não alterar as correntes marítimas
14	Não alterar as condições geotécnicas
15	Estrutura sem uso de ferragens
16	Baixo custo de manutenção
17	Possibilidade de construção modulada
18	Reversibilidade plena em caso de necessidade de retirada da estrutura

19	Não propagação de vetores
20	Não interferir na utilização da areia da praia
21	Menor prazo de execução
22	Fiscalização simplificada durante a execução da obra
23	Plano de execução da obra simples

Fonte: os autores.

Após a análise foi constatado que apenas duas delas atenderam a todos os critérios: aquelas que utilizam anéis hexagonais e blocos maciços de concreto pré-moldado. Ambas as metodologias foram aprovadas e indicadas, de acordo com os estudos realizados pela equipe da Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió. [2]

5 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM COM ANÉIS HEXAGONAIS E BLOCOS MACIÇOS

Os anéis hexagonais (Figura 1) são estruturas modulares feitas de materiais resistentes à corrosão, como concreto ou polímeros reforçados com fibra de vidro. Esses anéis são projetados para formar uma barreira semelhante a um quebra-mar. A geometria hexagonal dos anéis é especialmente projetada para dissipar a energia das ondas, reduzindo a força erosiva da água e protegendo a linha costeira. [3]

Figura 1 – Anéis Hexagonais de concreto pré-moldado



Fonte: os autores.

Os blocos maciços (Figura 2) , por sua vez, consistem em grandes estruturas de concreto ou rocha que são colocadas estrategicamente ao longo da costa. Esses blocos ajudam a dissipar a energia das ondas e correntes, reduzindo a erosão da praia e da linha costeira adjacente. Essa metodologia tem função dupla, pois a montante (lado do mar) serve de contenção marítima e a jusante (lado da terra) tem a função de arrimo, ou seja, suporta o peso que o terreno faz sobre o muro de contenção. [2]

Figura 2 – Blocos articulados de concreto pré-moldado



Fonte: os autores.

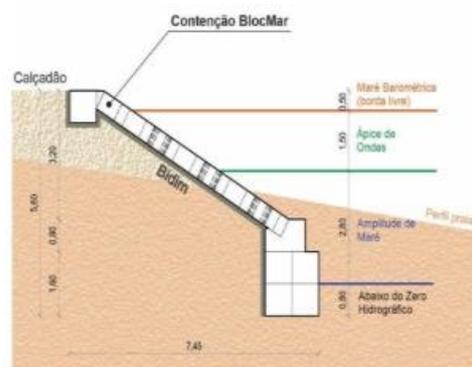
5.1 CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA COM USO DE ANÉIS HEXAGONAIS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADOS

A estrutura de contenção costeira é realizada com anéis hexagonais pré-moldados de concreto e não há concretagem “in loco”, dessa forma as fundações do muro podem ser construídas mesmo na presença de água salgada.

É uma metodologia de origem holandesa, que consiste no incentivo à engorda natural de praia através de construção de uma rampa diagonal formada por anéis hexagonais de concreto, pré-moldados e sem ferragens que se encaixam perfeitamente e que juntos formam uma colmeia estrutural suficiente para conter o avanço do mar através da absorção da energia das ondas no próprio corpo e nos espaços vazios e o incentivo a engorda natural da praia pelo processo de decantação sedimentar. [2]

Esse sistema de contenção marítima (Figura 3) tem a geometria de montante em forma de rampa vazada para dissipar a energia das ondas, zerar as ondas de retorno e do spray de água após o contato com a estrutura, semelhante a jogar água em um colchão. [2]

Figura 3 – Ilustração da contenção com aplicação de anéis hexagonais



Fonte: Acervo BlocMar.

Os anéis hexagonais de concreto pré-moldados têm as seguintes dimensões: Altura = 50 cm, Arestas = 50 cm e diâmetro interno = 47 cm e pesa 600 kg cada um. A estrutura de contenção marítima tem a geometria de montante em forma de rampa vazada para dissipar a energia das ondas, zerar as ondas de retorno e do spray de água após o contato com a estrutura, semelhante a jogar água em um colchão. Todo interior da estrutura é revestido com manta geotêxtil, para evitar a passagem de sedimentos. A fundação da estrutura é executada abaixo do zero hidrográfico, com blocos maciços de concreto pré-moldado, Figura 4.

O secretário municipal de Infraestrutura, Lívio Lima, informa que toda a metodologia utilizada nos pontos de obra garante um futuro sustentável, respaldado por uma metodologia de ponta, com potencial de longevidade de até 200 anos. [4]

Figura 4 – Fabricação dos anéis hexagonais



Fonte: os autores.

Essa tecnologia apresenta diferenciais e características vantajosas em comparação com outras formas de contenção do avanço do mar. Um desses diferenciais é o estímulo à engorda natural de praias, pois o sistema de anéis hexagonais reduz a intensidade das ondas que penetram nos vazios da estrutura, interrompendo o fluxo longitudinal da água, que é o principal agente causador da erosão costeira, e preenchendo esses vazios com areia, promovendo o alargamento da faixa de areia. Além disso, outro destaque desse sistema é sua total reversibilidade devido à construção modular; caso seja necessário realizar alterações urbanísticas ou reposicionar a estrutura, é possível desmontá-la e reinstalá-la em outro local. Outros benefícios incluem a baixa necessidade de manutenção, funcionalidade parcial e prazo de execução reduzido em comparação com outros sistemas de contenção comumente empregados. [3]

5.2 CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA COM USO DE BLOCOS MACIÇOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADOS

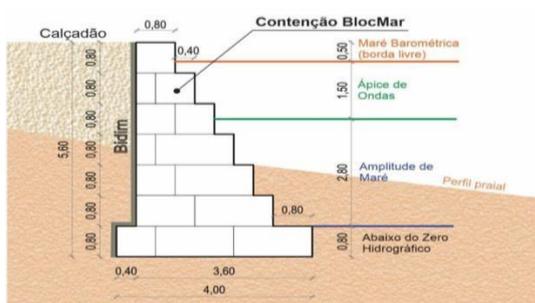
Uma metodologia de defesa marítima costeira de origem holandesa, que consiste na construção de um muro formado por blocos de concreto, pré-moldados e sem ferragens que se encaixam perfeitamente e que juntos formam uma estrutura semirrígida suficiente para conter o avanço do mar através da dissipação da energia das ondas no próprio corpo da contenção. [3]

Essa metodologia tem função dupla, pois a montante (lado do mar) serve de contenção marítima e a jusante (lado da terra) tem a função de arrimo, ou seja, suporta o peso que o terreno faz sobre o muro de contenção. [2]

Como descreve Cavalcante [2] esse tipo de estrutura marítima não é executada dentro do mar e sim no limite do terreno, no continente.

A estrutura é executada com encaixe entre os blocos de concreto pré-moldados, sem a utilização de ferragem, como o brinquedo lego, possui o interior da estrutura revestido com manta geotêxtil, impedindo o fluxo de sedimentos, além de proporcionar a possibilidade de acessibilidade, a base da estrutura é construída abaixo do zero, Figura 5.

Figura 5 – Ilustração da contenção com uso de blocos maciços



Fonte: Acervo BlocMar.

Os blocos de concreto pré-moldados (Figura 6, 7 e 8) têm tamanhos variados, mas o módulo padrão tem 0,80 x 0,80 x 1,60 que pesa 2,5 toneladas cada um. O muro de contenção marítima confere a robustez necessária para suportar os esforços a que é submetido. [2]

Figura 6 – Montagem das formas metálicas para fabricação dos blocos maciços



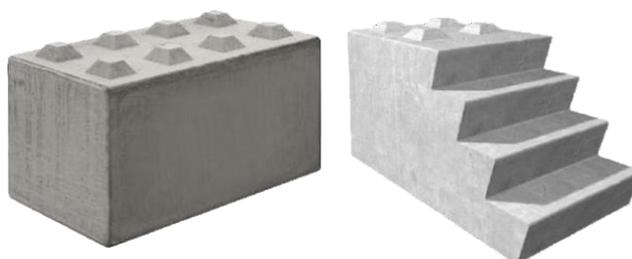
Fonte: os autores.

Figura 7 – Vibração do concreto lançado nas formas



Fonte: os autores.

Figura 8 – Modelo de blocos de concreto pré-moldados



Fonte: os autores.

A metodologia que utiliza blocos maciços de concreto pré-moldados sobrepostos, sem o emprego de ferragens e com um encaixe perfeito, apresenta características que devem ser consideradas ao compará-la com outros métodos de contenção. Por exemplo, sua funcionalidade parcial é notável, pois esse sistema de contenção marítima é construído de maneira integrada, desde a fundação até a superestrutura. Conforme a obra avança, o muro se torna totalmente operacional, proporcionando funcionalidade parcial de contenção marítima e protegendo a área já construída. Além disso, sua reversibilidade plena é um diferencial significativo.

Caso o município planeje realizar mudanças urbanísticas ou, no futuro, o contratante decida reposicionar o muro devido ao fluxo de transporte sedimentar ou outras necessidades, é possível desmontar o muro e reinstalá-lo em outra localidade. Outra característica importante a ser mencionada é a baixa manutenção do sistema. A fiscalização também é simplificada devido aos únicos insumos necessários para a construção da estrutura, que incluem os anéis, a manta geotêxtil, os pré-moldados da escada e as camadas drenantes. Isso simplifica a fiscalização da obra pelos órgãos ambientais e pelos contratantes, contribuindo para uma gestão mais eficiente do projeto de contenção marítima. Este sistema de contenção marítima não modifica as condições de utilização da praia e de sua faixa de areia, não existem obstáculos aos usuários pois a estrutura é sempre construída no limite do terreno público ou privado, sem avanços em direção ao mar.

6 TRECHOS DA ORLA QUE FORAM CONTEMPLADOS COM AS METODOLOGIAS

Diante da urgência provocada pelo avanço das erosões, especialmente durante os períodos de altas marés, conforme alertado pela Defesa Civil Municipal, e com o temor crescente de que a costa pudesse comprometer a integridade das pistas, foi necessária uma ação imediata. Em resposta a essa situação crítica, foi necessária uma ação emergencial para lidar com a situação. A contratação das metodologias escolhidas, envolvendo a utilização de anéis hexagonais e blocos maciços de concreto, foi realizada emergencialmente. O processo contratual foi formalizado por meio de um instrumento de contrato estabelecido com o município de Maceió.

A supervisão da obra ficou a cargo de um servidor designado pela Secretaria Municipal de Infraestrutura, conforme disposições regulamentares, garantindo a regularidade e a efetividade dos serviços executados. Esta contratação foi realizada no ano de 2022, visando à preservação imediata da infraestrutura costeira e a segurança da população local. O Quadro 3 apresenta os trechos da orla que foram contemplados e quais metodologias foram aplicadas baseando-se na dinâmica das ondas.

Quadro 3 – Trechos da orla de Maceió contemplados com a contenção marítima com aplicação dos anéis hexagonais e blocos maciços de concreto pré-moldados

Trechos	Localização	Dinâmica	Metodologia utilizada
7	Avenida Assis Chateaubriand, Praia do Sobral, entre a Rua Ary Pitombo e Av. Roberto Pontes Lima	Devido ao perfil praiar estar menos baixo e ao maior espaço de faixa de areia que permite melhor assentamento dos anéis.	Anéis hexagonais de concreto pré-moldados
10	Beira-mar, Praia de Jatiúca, em frente ao Jatiúca Hotel & Resort		
11	Beira-mar, Praia de Jacarecica, no final da Av. Litorânea em frente ao Evolution Sea Park		
8-9	Av. Álvaro Otacílio, Praia de Jatiúca, entre a Av. Dr. Júlio Marques Luz e a Av. Empresário Carlos da Silva Nogueira	Devido o perfil praiar estar muito baixo, não existindo faixa de areia suficiente para assentamento de anéis, bem como devido as ondas se aproximam do continente e quebrarão em cima da contenção projetada, sendo assim demanda uma estrutura mais robusta.	Blocos articulados de concreto pré-moldados

Fonte: os autores.

7 RESULTADOS

Originárias da Holanda, as metodologias com uso de anéis hexagonais e blocos maciços surgiram em um país pioneiro em técnicas de contenção devido às erosões costeiras enfrentadas. Essa origem holandesa é relevante, já que a Holanda é um país baixo e vulnerável a erosões costeiras, o que torna suas técnicas de contenção altamente confiáveis. Estima-se que a estrutura tenha uma expectativa de duração de 200 anos, com baixa necessidade de manutenção, resistindo tanto ao impacto das ondas quanto ao peso do terreno. Conforme observado por Cícero Rocha ¹ cada uma das 23 premissas estudadas e aplicadas pôde ser verificada na prática com o início das obras, confirmando sua eficácia. A funcionalidade parcial, por exemplo, pode ser constatada logo após a execução da fundação da contenção, demonstrando que a estrutura protege a costa mesmo antes de estar totalmente finalizada.

8 CONCLUSÃO

A metodologia apresentada demonstra uma importante contribuição para a engenharia costeira, especialmente considerando a situação em Maceió, onde várias abordagens anteriores para proteção costeira não foram tão eficazes quanto o esperado. As obras de contenção com uso de anéis hexagonais e blocos maciços de concreto pré-moldados apresentaram benefícios significativos.

Essa abordagem não apenas atuou como uma eficiente contenção contra os efeitos erosivos na costa, mas também tem promovido a engorda natural da praia. Além disso, ao contrário de certas estruturas que se mostraram vulneráveis ao tempo, essas novas técnicas demonstraram uma preocupação fundamental com a fundação, garantindo assim uma maior eficácia a longo prazo.

As vantagens não se limitaram apenas ao desempenho técnico. A metodologia adotada também foi considerada limpa em termos de impacto ambiental, evitando a criação de vetores como ratos e baratas, gerando menos resíduos durante a construção e minimizando danos às vidas marinhas, pois as estruturas foram construídas sem impacto direto na água.

Apesar das limitações em relação ao conhecimento prévio sobre essas metodologias, a abordagem inovadora implementada pela Prefeitura de Maceió mostra um potencial significativo para ser replicada em outras regiões costeiras. Os resultados positivos obtidos até o momento, incluindo uma vida útil estimada de 200 anos, menor custo em comparação com métodos tradicionais e uma execução simplificada, destacam o sucesso dessa empreitada.

Essas conquistas não apenas oferecem uma solução duradoura para os desafios de erosão costeira, mas também estabelecem um padrão para futuras intervenções em todo o país, demonstrando o impacto positivo que uma abordagem inovadora e bem pensada pode ter na engenharia costeira.

No entanto, é importante considerar a necessidade de estudos adicionais para avaliar mais completamente a eficácia, durabilidade e possíveis intervenções futuras, especialmente dado que a metodologia foi recentemente implantada em Maceió.

¹ Cícero Rocha de Almeida Barros, engenheiro civil, foi designado pela Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió como fiscal das obras de Contenção Marítima na orla da cidade, que envolvem o uso de anéis hexagonais e blocos maciços.

REFERÊNCIAS

- [1] SOUZA, C. R. G. **A Erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil**. Disponível em: https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf
Acesso em: 16 de setembro de 2023.
- [2] CAVALCANTI NETO, M, M, **Prefeitura de Maceió, Secretaria Municipal de Infraestrutura de Maceió – SEMINFRA, Memorial Descritivo e Especificações Técnicas do Projeto de Contenção Marítima da Orla de Maceió em: Anéis Hexagonais e Blocos Articulados**, 2022.
- [3] MONTENEGRO, E, L, G, B. **Prefeitura de Maceió, Secretaria Municipal de Infraestrutura - SEMINFRA, Estudo Técnico Preliminar sobre a Intervenção de Contenção da Erosão Costeira na Orla de Maceió/AL**, 2022.
- [4] Prefeitura de Maceió. **Prefeitura de Maceió já utilizou mais de 14 mil blocos de concreto nas obras de contenção do mar**. Disponível em: https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2023/08/19/prefeitura-de-maceio-ja-utilizou-mais-de-14-mil-blocos-de-concreto-nas-obras-de-contencao-do-mar#google_vignette
Acesso em: 11 de setembro de 2023