

## UTILIZAÇÃO DE TUBO GEOTÊXTIL COMO QUEBRA-MAR SUBMERSO NA MITIGAÇÃO DA EROSÃO COSTEIRA

*Rodrigo dos Santos Barbosa<sup>1</sup> & Júlio César da Silva<sup>2</sup>*

**RESUMO** – Um dos problemas que impactam as cidades costeiras, é erosão costeira. No Brasil, muitas cidades estão tendo que lidar com esse tipo de problema fazendo a utilização de projetos de contenção, desapropriações de áreas, fechamento de vias e áreas de lazer adjacentes a praia. Com isso, obras para mitigação da Erosão Costeira tem custos muitos elevados, que na maioria das vezes são construídas de forma emergencial, gerando impactos na morfologia praial local e nas vizinhanças, modificando a paisagem. Porém, pouco se tem de conhecimento adquirido sobre como a implantação das obras de engenharia costeira contribuem para a aceleração ainda maior da erosão. O presente trabalho apresenta estudo bibliográfico da arte e com casos de estudo, com o intuito de apresentar as vantagens da utilização do tubo geotêxtil como quebra-mar submersos na mitigação dos efeitos da erosão, entendendo o comportamento da estrutura e sua estabilidade, mostrando assim a viabilidade dessa alternativa para as obras de recuperação dos ambientes costeiros e apresentando suas inúmeras vantagens.

**ABSTRACT**– One of the problems that impact coastal cities is coastal erosion. In Brazil, many cities are having to deal with this type of problem, making use of defense projects, expropriation of areas, closure of roads and leisure areas adjacent to the beach. Thus, works to mitigate Coastal Erosion have very high costs, which are most often built on an emergency basis, generating impacts on the local beach morphology and in the neighborhoods, modifying the landscape. However, little has been acquired about how the implementation of coastal engineering works contributes to an even greater acceleration of erosion. The present work shows a bibliographical study of the art and with case studies, in order to present the advantages of using Geotube® as a submerged breakwater in the mitigation of the effects of erosion, understanding the behavior of the structure and its stability, thus showing the feasibility of this alternative for recovery works of coastal environments and presenting its numerous advantages.

**Palavras-Chave** – Erosão costeira; Quebra-mar submerso; Tubo geotêxtil.

### EROSÃO COSTEIRA

A erosão costeira pode ser entendida como a resultante na paisagem da deficiência no balanço sedimentar em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. Já o balanço sedimentar deve ser entendido como a diferença, em volume, entre o suprimento e a supressão de materiais sedimentares em determinado segmento costeiro.

1) Rua Mamborê, 88, Curicica, Rio de Janeiro-RJ, (21) 99547-4794 e rodrigo.barbosa@profagua.uerj.br

2) Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro-RJ, (21) 96717-9905, julio.silva@profagua.uerj.br

A gestão desse problema é bastante complexa e desafiadora pois além de causas naturais como o enfraquecimento do solo também existem as interferências humanas. Na tabela 1, é possível ver os custos estimado para enfrentamento do problema.

Tabela 1 – Estimativa de valores das principais cidades brasileiras ameaçadas pela mudança do clima.  
**RISCO NO LITORAL:** principais cidades com patrimônio ameaçado pela mudança do clima. Total fica entre R\$ 136,5 bilhões e R\$ 207,5 bilhões

|   | Estado | Microrregião         | Valor estimado<br>Metodologia de<br>Percentual da População*<br>(R\$ milhões) | Valor estimado<br>Metodologia de<br>Linha de Costa*<br>(R\$ milhões) |
|---|--------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1 | RJ     | Rio de Janeiro       | R\$ 55.646,73                                                                 | R\$ 84.313,23                                                        |
| 2 | BA     | Salvador             | R\$ 13.995,11                                                                 | R\$ 21.204,71                                                        |
| 3 | RS     | Porto Alegre         | R\$ 11.148,55                                                                 | R\$ 16.891,74                                                        |
| 4 | ES     | Vitória              | R\$ 9.716,13                                                                  | R\$ 14.721,42                                                        |
| 5 | SP     | Santos               | R\$ 9.522,65                                                                  | R\$ 14.428,25                                                        |
| 6 | PE     | Recife               | R\$ 8.673,03                                                                  | R\$ 13.140,96                                                        |
| 7 | CE     | Fortaleza            | R\$ 8.008,74                                                                  | R\$ 12.134,45                                                        |
| 8 |        | Outras microrregiões | R\$ 19.789,06                                                                 | R\$ 30.655,24                                                        |

Fonte: ROSMAN, 2016

Recentemente, LUIJENDIJK et al. (2018), em uma pesquisa com base em aproximadamente 2 milhões de imagens de satélite entre 1984 e 2016, verificaram que, fora das regiões polares, 31% do litoral mundial é formado por praias arenosas. De acordo com os autores, considerando todas as praias do planeta, 48% se apresentam como estáveis, 28% crescem em direção ao mar e 24% recuam persistentemente sob efeito da erosão costeira, em taxas que excedem 0,5 metro por ano.

## QUEBRA-MAR SUBMERSO

Uma forma menos agressiva de proteger as praias é propiciar um mecanismo de defesa natural que elas já possuem, arrebatamento de ondas. Existem processos sazonais de erosão e acreção naturalmente nas praias, ilustrado na Figura 1. A forma que a praia responde a estes processos cíclicos é um bom exemplo de como a própria praia fornece a melhor proteção. Durante eventos de tempestade com ondas mais energéticas, a areia é removida das praias, construindo uma barreira natural mais ao fundo, chamado comumente de “Banco de areia”, forçando estas ondas grandes quebrarem e dissiparem antes mesmo de chegarem na praia. Uma vez que as ondas menos energéticas voltam a atingir a praia, a areia retorna as condições anteriores, reconstruindo a praia, preparando-a para o próximo evento de inverno.

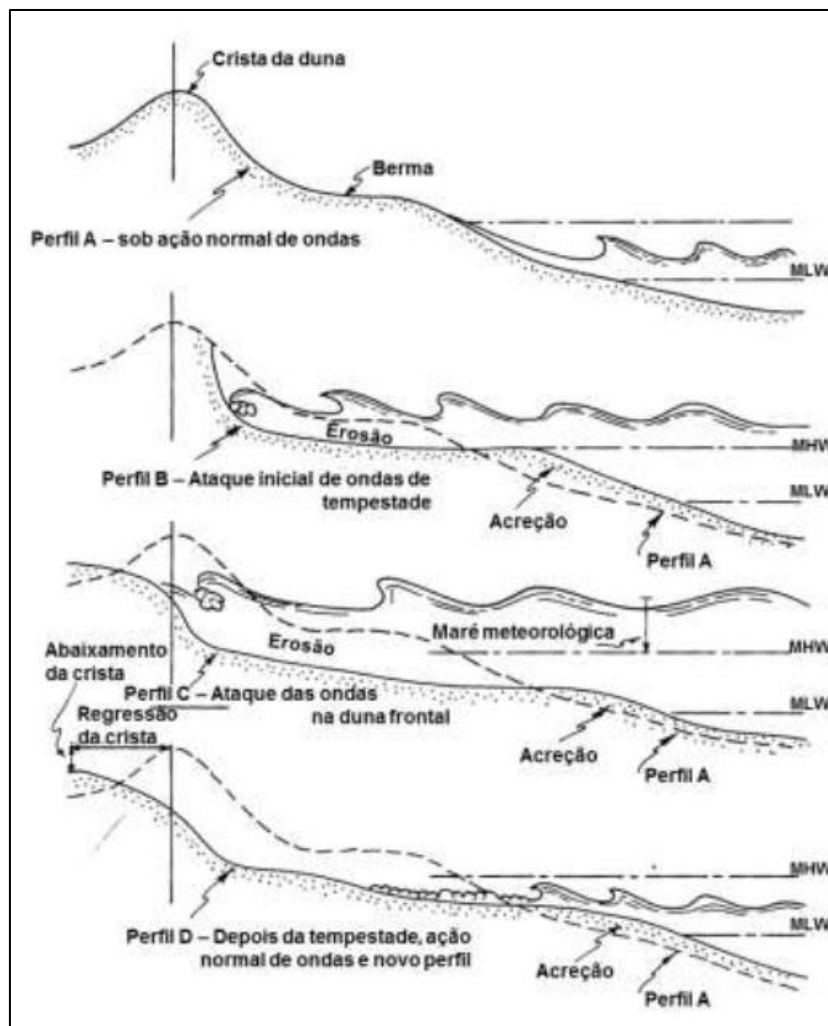


Figura 1 – Perfis característicos de praia sob ação de ondas de mau tempo e bom tempo.

Recifes são conhecidos por fornecer estabilização natural da linha de costa ao dissipar a energia das ondas. Arrecifes artificiais submersos podem atuar da mesma maneira, de forma a permitir a propagação de pequenas ondas e atenuação ou bloqueio de ondas maiores. Além disso, os arrecifes submersos ainda mostram-se ser uma solução ecologicamente favorável e não afetam diretamente a praia, mantendo sua beleza natural (Arnouil, 2006).

Arrecifes artificiais ou quebra-mares submersos são estruturas lineares geralmente orientadas paralelamente a linha da costa. Elas podem ser construídas como uma estrutura contínua ou segmentada em seções com pequenos espaços entre elas. A redução da energia da onda ocorre através da dissipação, reflexão e difração (Coastal Engineering Manual, part V Cap 4).

A redução da energia da onda e modificação das correntes próximas a costa pode favorecer a deposição de sedimentos na linha de costa sem bloquear os processos litorâneos.

Segundo Sharifahmadian, (2016), quebra-mares submersos têm se tornado mais comuns que os quebra-mares emersos, pois eles são mais agradáveis esteticamente, o que é importante para a manutenção do turismo nas áreas. Outra vantagem dos quebra-mares submersos é que eles mantêm a troca de águas, que é importante para questões de qualidade de água (Kobayashi et al., 2007). Ainda existe um interesse crescente no desenho das estruturas de proteção para que tenham dupla função otimizando as condições locais de surf (Ranasinghe and Turner, 2006), Aguiar (2006 e 2015). A estrutura submersa também pode ter dupla função ao criar área de desenvolvimento biológico, como substrato e tocas, dependendo do material com o qual é construído.

## **TUBO GEOTÊXTIL**

As Formas têxteis tubulares, também chamados de geotubos, tubos de geotêxtil, tubos, salsichão, espigão, entre outras nomenclaturas existentes, são estruturas tubulares de geossintéticos, com diâmetros que variam de um a vários metros e com comprimento teoricamente infinito. Elas podem ser preenchidas com ar, água e solo.

Existe uma grande diversidade de polímeros, que são base da fabricação dos geossintéticos que são produtos industrializados, com aplicação na engenharia geotécnica, constituídos por um polímero sintético ou natural. Sua matéria-prima sintética base são principalmente polietileno (PE), polipropileno (PP), poliéster (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinila (PVC) e poliamida (PA).

Os polímeros mais comuns na confecção de Tubos geotêxtil são o PP e o PET, sendo que, KAZIMIEROWICZ-FRANKOWSKA (2014) destaca o uso de geotêxtil de elevada permeabilidade e resistência à tração.

O preenchimento das formas têxteis tubulares pode ser por areia dragada por via úmida no próprio local onde ela será instalada. O enchimento pode ser feito de duas formas: mediante uso de uma bomba lama ou através de um funil. A bomba suga a mistura de solo e água e a conduz através de uma mangueira flexível ao interior do tubo, muitas vezes encontram-se instaladas como parte de lanchas ou barcas. O enchimento do tubo com funil se realiza pendurando este aparelho a uma determinada distancia sobre a altura final de desenho do tubo. A parte inferior do funil é conectada a uma boca de entrada do Tubo. Logo se procede a colocar solo e água dentro do funil, garantindo a fluidez necessária para o enchimento do tubo.

As partes básicas de um Tubo de Geotêxtil são as seguintes: o tubo propriamente dito, a tela ante-erosão, prendedores e a boca de entrada do fluxo. (Figura 2)

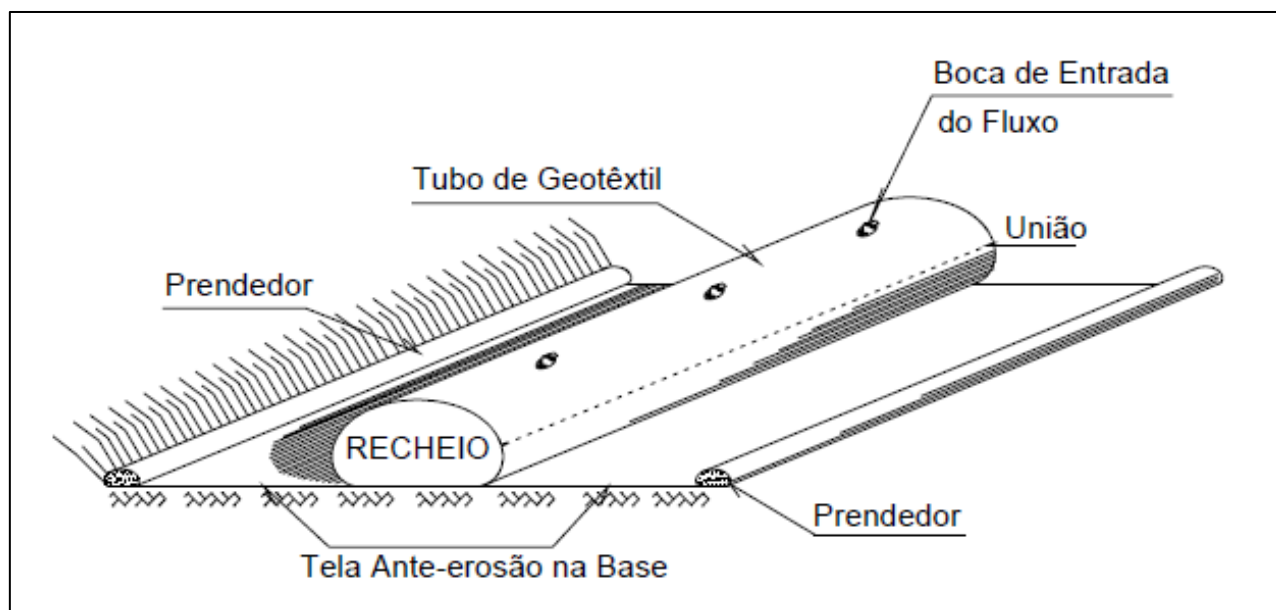


Figura 2 – Vista Isométrica de um Tubo de Geotêxtil.

Diversos autores descrevem a instalação das formas têxteis tubulares como simples, de baixos custo e impacto sobre o meio ambiente, provando ser uma alternativa viável comparada às técnicas tradicionais de enrocamento. ARMSTRONG (1976) e RESTALL et al. (2002) apresentam orçamentos de algumas obras de proteção costeira comparando a utilização de formas têxteis tubulares com outras soluções e mostram que os custos totais ao final do empreendimento alcançaram economia de até 60% (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de orçamentos de projetos hidráulicos.

| Referências           | Local                 | Custos                 |                         |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
|                       |                       | Com Tubo Geotêxtil     | Com Enrocamento         |
| ARMSTRONG (1976)      | South of Port Sanilac | US\$ 82/m a US\$ 213/m | US\$ 328/m a US\$ 656/m |
| RESTALL et al. (2002) | North Kirra Groyne    | Aus\$ 350 mil          | Aus\$ 600 mil           |
|                       | Narrowneck Reef       | Aus\$ 2,5 milhões      | Aus\$ 5 milhões         |

Fonte: Adaptado Dias Filho, 2016.

YEE et al. (2014) apresentam uma obra em Saemangeum, na Coreia do Sul, em que foi possível economizar US\$ 6,2 milhões e evitar o lançamento de 230 mil toneladas de gás carbono nesta obra de quase 34 km no litoral da Coreia do Sul.

### CASOS DE ESTUDO

A seguir são apresentados dois casos de estudo, um internacional e outro nacional, para relatar a técnica apresentada.

#### Caso de Estudo Internacional

Localização: Praia de Cancún, Cancún, México.

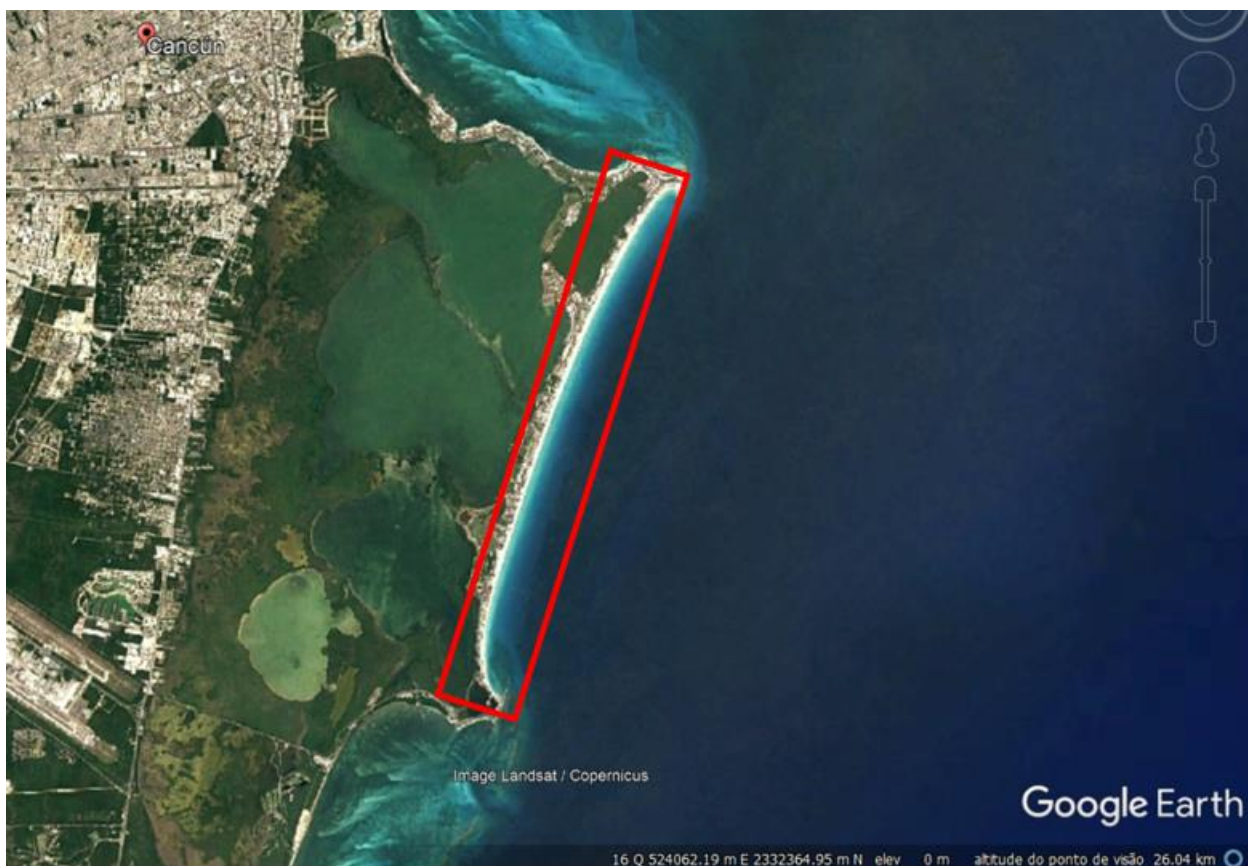


Figura 3 – Praia de Cancún – Vista superior do Local do projeto, Cancún, México.

Após a passagem do furacão Wilma, as praias de Cancún foram totalmente erodidas e hotéis resort ficaram em escombros. A faixa de areia, de aproximadamente, 180 metros da costa também foi destruída, deixando as praias ainda mais vulnerável às ondas. O objetivo imediato era proteger a propriedade que foi deixado e evitar uma maior deterioração. Uma proteção de emergência foi realizada. Em maio de 2007, a construção do quebra-mar submerso para funcionar como o original banco de areia que foi destruído. O quebra-mar submerso foi projetado para incentivar reabastecimento da praia, alterando o fluxo de água e padrões de onda. A figura 4, ilustra detalhes do projeto, representando as estruturas e suas etapas de construção.

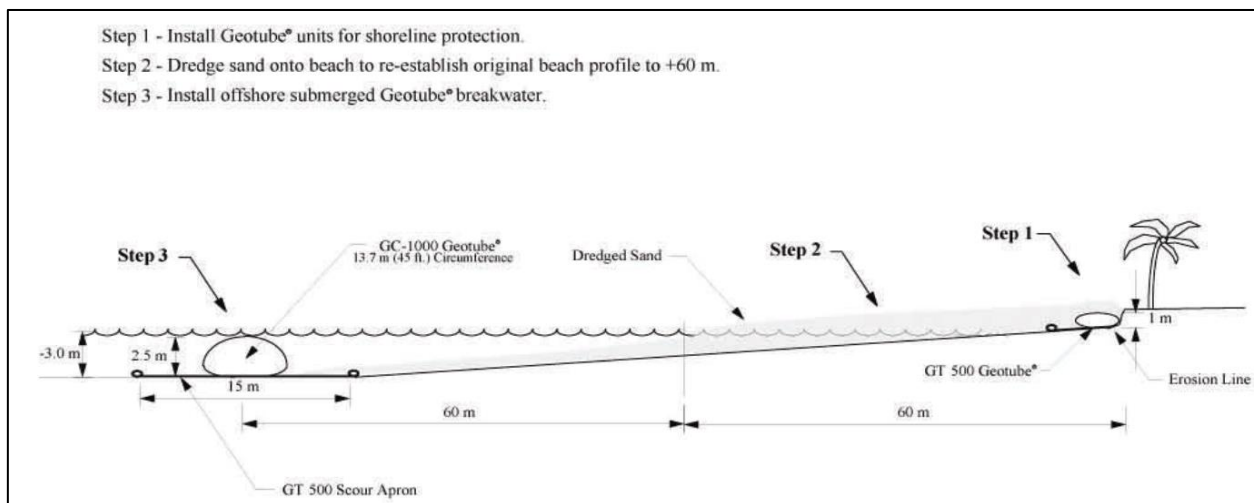


Figura 4 – Vista Isométrica de um Tubo de Geotêxtil.

Atualmente, as praias que receberam tal técnica de reconstrução, apresentam sua faixa de areia preservada e atividade turística foi restabelecida. Sem danos a paisagem local e ao meio ambiente, resistindo a eventos extremos locais, como furacões e ressacas.

## Casos de Estudo Nacional

Localização: Ponta da Praia, Santos, São Paulo – Brasil



Figura 4 – Ponta da Praia – Vista superior do Local do projeto, Santos, São Paulo – Brasil.

Com o processo erosivo na região da Ponta da Praia e acentuação de eventos extremos na região acentuação nos últimos anos, causaram perdas expressivas na extensão da faixa de areia e traz prejuízos as estruturas urbanas da região. A região encontra-se atualmente em condições críticas de erosão.

Foi projetado um quebra-mar submerso com formato em “L”, para trabalhar como uma barreira de arrecifes. De início foi armazenada areia na praia para o preenchimento das formas geotêxteis, em paralelo foi executado a limpeza do local de instalação, implantação dos *dolphins* para dar suporte de armação na construção da estrutura e a locação dos geosistemas devido o pouco tempo da obra, não existe ainda um estudo que apresente se a estrutura está cumprindo com seu objetivo ou não. Porém, vale ressaltar, o baixo custo e rapidez na execução, sem impactar muito o ambiente local, fazendo dessa técnica uma alternativa viável para projetos desse grau.

## CONCLUSÃO

É notório perceber a complexidade e fragilidade que caracteriza as cidades costeiras devido a sua variabilidade morfológica. As ações antrópicas trazem diversos problemas fazendo com que a problemática da erosão costeira se torne importante na procura pela mitigação de ações para equilibrar e restaurar os ambientes costeiros.

Nesse estudo foi possível avaliar a performance dos quebra-mares submersos ou arrecifes artificiais. Essas estruturas apresentam diversos pontos positivos, apesar de não promoverem o acúmulo de areia na praia, exercem uma função importante, reduzindo a velocidade das correntes e fluxo de sedimentos e promovendo o desenvolvimento de fauna e flora marinha.

Projetos com tubo geotêxtil apresentaram maior velocidade e simplicidade na execução, necessitam de menos equipamentos, é uma solução mais viável em locais com baixa oferta de recursos minerais. Mostrando um potencial material na mitigação de problemas em regiões costeiras e que ganha espaço no mercado ano após ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOUIL.D.S.(2006). *Shoreline Response for a Reef Ball TM Submerged Breakwater System Offshore of Grand Cayman Island*. Florida Institute of Technology. Melbourn. Florida.
- Armstrong, J.M. (1976). *Low-cost shore protection on the great lakes: a demonstration research program*. Coast Engineering Proceedings. An Arbr ASCE.1:15. p.2858-2887.
- Aguiar, L.G.M. (2006). *Em busca da forma ideal de um fundo artificial para surfe*. Tese de Mestrado. COOPE-UFRJ.Rio de Janeiro-RJ.

- Aguiar, L.G.M. (2015). *Análise de recifes artificiais para anpliação de ondas de vento e melhoria de aproveitamento energético*. Tese de Doutorado. Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica. PENO/COPPE-UFRJ.
- BULHÕES, E. *Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral*. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 655-688. ISBN 978-65-992571-0-0
- Días Filho, J.L.E. (2016). *Comportamento Geomecânico e de Durabilidade de Formas Têxteis Tubulares Aplicadas em Obras hidráulicas*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense-Campos dos Goytacazes-RJ.
- Garcia, P.D.; Zenker, T. (2019). *Um projeto piloto de recuperação de uma praia utilizando um quebramar submerso-Ponta da Praia, Santos, Brasil*. Revista de Gestão Costeira. 19(1):43-57.
- KAZIMIEROWICZ, K. (1994). *Simple analysis of deformation of sand sausages*. Fifth International Conference on Geotextiles. Geomembranes and Related Products. Hydraulic Applications and Related Research. Southeast Asia Chapter. Singapore.p.775-778.
- Luijendijk, A; Hagenaars, G; Ranasinghe, R; Baart, F; Donchyts, G; Aarninkhof, S.(2018). *The states of the world's beaches*. Nature Scientific Reports, v.8, nº.6641.
- Ortiz, R. N; Junior, O.S.; Ladchumananandasivam, R. (s.d). *Tubos de geotêxtil aplicados a obras de defesa costeira*. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa.
- Pilarczyk, K. W; Zeidler, R.B. (1997). *Offshore breakwaters and Shore evolution control*. Oceanographic Literature Review.4:44.p.403.
- Ranasinghe, R; Turner, I.L. (2006). *Shoreline response to submerged structures: a review*. Coastal Engineering.v.53, nº1, p.65-79.
- Restall, S.J.et al.(2016). *Cases studies showing thegroth and development of geotextile sand containers: An Australian perspective*. Geotextile and Geomembranes. 20:5.2002. p.321-342.
- Rosman, P.C.C. (2016). *Coastal Zone Vulnerabilities due to Climate Changes – Aspects from Brazil*. PIANC – 15<sup>th</sup> Meeting: Permanent Task Group for Climate Changes. Programa de Engenharia Oceânica. PENO/COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro.
- Rosman, P.C.C. (2016). *Investigação do processo erosivo no litoral do distritito de Praia de Açu-RJ e preposições de ações de restauração*. R5 - Relatório de Projeto Básico de Intervenções. Programa de Engenharia Oceânica. Programa de Engenharia Oceânica. PENO/COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro. 19213.

Sharifahmadian, A. (2016). *Numerical Models for Submerged Breakwaters. Coast Hydrodynamics and Morphodynamics*. Elsevier. ISBN 978-0-12-802413-3.

TenCate Nicolon - Geotube® Marine Structures. (2007). *Industrial fabrics and Construction Products. Geotube Shoreline Protection and Breakwater Construction Bring Cancun Beaches Back Life*. New Bulletin. Bulletin. G-2007-07.

USACE -United States Army Corp of Engineers (2014). *Coastal Engineering Manual, Volume V*. Vicks-burg: Coastal Engineering Research Center (CERC), Waterways Experiment Station.

YEE, T.W. et al. (2014). *Geotextile tubes as rockfill replacement for construction of polder dike at Saemangeum, Korea*. 10th International Conference on Geosynthetic, Berlim, Alemanha.p.8.