

Projeto de Estabilização da Praia de Piratininga

Luiz Abilio de Barros Gusmão¹; João Claudio Martins Cassar²; Rodrigo Amado Garcia Silva^{1,3}

Resumo: A praia de Piratininga vem sofrendo um processo erosivo durante décadas. O muro e o calçadão já foram destruídos e refeitos diversas vezes. Após tantas obras fracassadas, a Prefeitura de Niterói resolveu contratar um estudo mais abrangente para diagnosticar as causas deste problema e propor uma solução de engenharia mais adequada.

O estudo apresenta as alternativas de engenharia costeira estudadas para estabilização da praia, incluindo reforço da linha de costa (murada), recuo dos muros, implantação de quebra-mares submersos (recifes artificiais, restauração do estoque de areia da praia, restauração do estoque de areia da praia com recuo dos muros e a restauração do estoque de areia da praia com um quebra-mar no centro da praia. O estudo conclui que o problema maior da praia é a falta de estoque de areia para a proteção costeira, propondo, como obra mais adequada, a colocação de um volume de 1.000.000 m³ de areia sobre a praia. Esta areia seria proveniente de uma jazida subaquática e seria transportada por draga auto-transportadora. O alargamento médio previsível da praia será de cerca de 40 a 60m ao longo de 2,5 km de linha de praia.

Abstract: Piratininga beach has been undergoing an erosion process for decades. The wall and the boardwalk have been destroyed and rebuilt several times. After so many failed projects, the Niterói City Hall decided to commission a more comprehensive study to diagnose the causes of this problem and propose a more appropriate engineering solution.

The study presents several coastal engineering alternatives for beach stabilization, including shoreline reinforcement (seawall), setback of seawalls, implementation of submerged breakwaters (artificial reefs), restoration of the beach sand stock, restoration of the beach sand stock with setback of seawalls, and restoration of the beach sand stock with a breakwater in the center of the beach. The study concludes that the biggest problem on the beach is the lack of sand stock for coastal protection, proposing, as the most suitable work, the placement of a volume of 1,000,000 m³ of sand on the beach. This sand would come from an underwater deposit and would be transported by a self-propelled dredger. The foreseeable average widening of the beach will be approximately 40 to 60 m along 2.5 km of shoreline.

Palavras-Chave: Piratininga, erosão costeira, restauração, praia

Keywords: Piratininga, costal erosion, beach restoration

1 Diretor e Eng Civil na Aquamodelo Engenharia e Consultoria. Email: luiz_abilio@aquamodelo.com.br. Tel: + 55 21 98762 5510

2) Diretor e Eng Civil na Aquamodelo Engenharia e Consultoria. Email: joaocassar@aquamodelo.com.br. Tel: + 55 21 98762 5512

3) Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio-Ambiente, Universidade Federal Fluminense, rodrigo_amado@id.uff.br.

INTRODUÇÃO

Após passar por décadas de processos de erosão, onde tanto o muro quanto o calçadão da praia de Piratininga já foram destruídos e refeitos por diversas vezes, por iniciativa da Prefeitura de Niterói, realizou-se um abrangente estudo que diagnosticou as causas do problema de erosão costeira e propôs uma solução de engenharia mais adequada à questão.

A análise de fotografias antigas, registro de ressacas, conversas com moradores e academia, levantamento de perfis de praia e granulometria, evidencia que a murada foi construída na faixa dinâmica da praia, ou seja, em área de movimentação de sedimentos. A cada nova construção da murada, devido às avarias causadas pelas sucessivas ressacas, a murada avançava cada vez mais no perfil dinâmico da praia. Formava-se assim um processo de aumento na perda de sedimentos necessários à promoção da dissipação da energia das ondas. Com o aumento da falta de estoque de sedimentos as avarias eram cada vez maiores, até em ressacas menos potentes. Tais avarias são evidentes tanto no lado leste, oeste e o trecho central da praia de Piratininga. As figuras que se seguem evidenciam a questão.

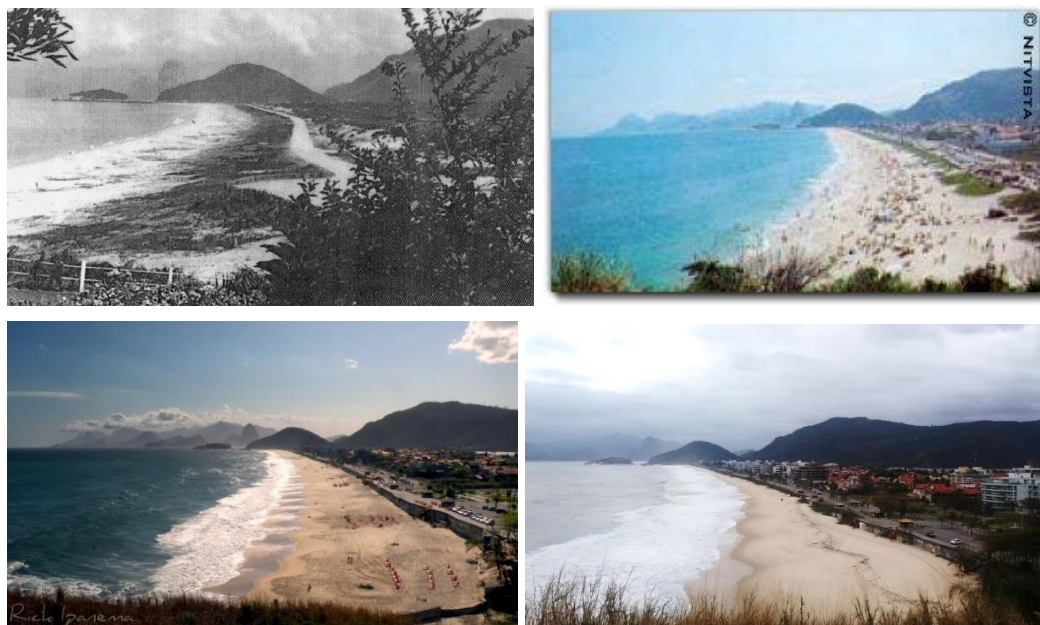


Figura 1 – Evolução da ocupação da faixa dinâmica da praia (em sentido horário: década de 50, década de 80, 2011 e 2019).

MÉTODOS

Diagnóstico da Praia de Piratininga

O estudo se baseou em levantamentos de estudos pretéritos de universidades e pesquisadores; entrevistas com a população e academia a respeito dos efeitos históricos de ressacas e destruição da murada, bem como de possibilidades para solução do problema; levantamento de imagens de satélite; busca por fotografias, envolvendo destruição da murada, posicionamento de bermas e dunas nas épocas mais antigas; levantamento de batimetria até a isóbata de 15 m, levantamento de 15 perfis de praia -em época de verão (bom tempo) e inverno (pós ressaca)- coleta e análise granulométrica de amostras de areia (englobando o pós-praia, estirâncio, arrebentação e ante-praia) ao longo dos perfis de praia levantados; medições de ondas e maré no local.



Figura 2 – Erosão e avarias na murada (em sentido horário: setor oeste 1988, setor central 2004; setor leste 1999 e leste 2016).



Figura 3 – Perfis de Praia levantados

Proposição de Alternativas

As alternativas estudadas para estabilização da praia de Piratininga foram as seguintes:

1. Reforço da Linha de Costa, que basicamente consiste na reconstrução dos muros.
2. Recuo dos muros nos pontos onde ocorreram maiores avarias ao longo das décadas, sendo de 20 m ao longo de cerca de 300 m na extremidade leste e de 16 m em cerca de 300 m da extremidade oeste
3. Implantação de Dois Quebra-mares submersos (recifes artificiais), que seriam duas estruturas metálicas (86 x 64 x 3,5 m) posicionadas nas extremidades leste e oeste da praia para causar assoreamento local e promover a prática do surfe
4. Restauração do Estoque de Areia da praia, mediante a colocação de 1.000.000 m³ de areia compatível com a nativa ao longo de toda a extensão da praia, de forma a promover um alargamento inicial de cerca de 50 m

5. Restauração do Estoque de Areia da praia com recuo dos muros. Esta opção representa uma combinação das anteriores, consistindo, desta vez, na colocação de cerca de 800.000 m³ de areia compatível com a nativa (o que alargaria a praia em cerca de 40 m), além do recuo dos muros nos trechos extremos onde existe erosão, como já descrito em opção anterior.
6. Restauração do Estoque de Areia da praia (1.000.000 m³) com a implantação de um Quebra-mar submerso posicionado no centro da praia.

Modelagem Computacional

As modelagens computacionais são excelentes ferramentas para a tomada de decisão na escolha das alternativas.

A partir da massa de dados coletada na fase de diagnóstico, pôde-se simular a evolução morfodinâmica das alternativas propostas para verificação das respostas da praia para cada uma. Para a propagação de ondas de águas profundas até a região em interesse foram consideradas situações de ressacas típicas. Com a simulação de evolução da linha de costa foram detectadas as áreas mais propensas a erosão e assoreamento, tanto para situação pré e após as intervenções propostas para solução do problema e estabilização da praia. As simulações consideraram os efeitos de maré astronômica, maré meteorológica (com um aumento de 0,2 m), além da subida do nível médio do mar em 0,5 m. O programa utilizado para as simulações foi o SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, desenvolvido pela COPPE/UFRJ.

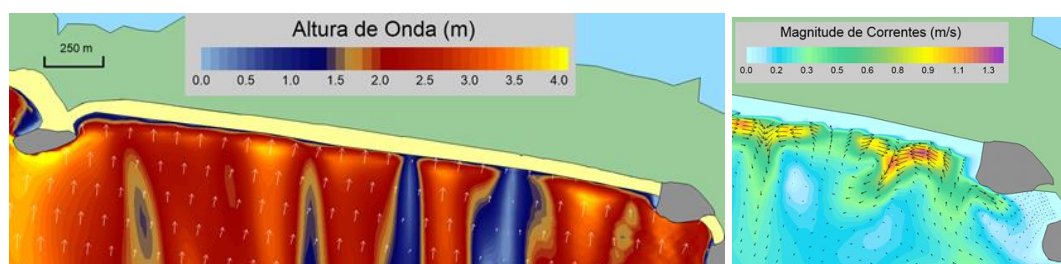


Figura 4 – Simulação de ondas e correntes

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado na análise de histórico local e dos resultados obtidos pelas simulações pôde-se tecer os seguintes comentários a respeito de cada alternativa estudada.

Reforço da Linha de Costa: Esta foi a alternativa que vem sendo implantada na praia de Piratininga desde a década de 1970. A criação de barreira tornou a praia de dissipativa (onde a energia da onda é absorvida) em reflexiva (onde parte da energia da onda volta para o mar carreando sedimentos). Assim, ela não é considerada como tecnicamente viável e eficiente para proteção da praia.

Recuo dos muros: Esta opção se mostrou ineficaz na proteção das benfeitorias, havendo trechos onde a linha de praia atinge o muro; e também não protege as benfeitorias no cenário de uma subida do nível médio do mar. Há ainda o transtorno de se perder a área hoje de estacionamento e boa parte da pista de rodagem nos trechos propostos. O custo de implementação desta opção seria de médio porte, quando comparado a uma restauração do estoque de areia da praia ou à aquisição de quebra-mar submerso. A Figura 5 apresenta os resultados da modelagem morfodinâmica.

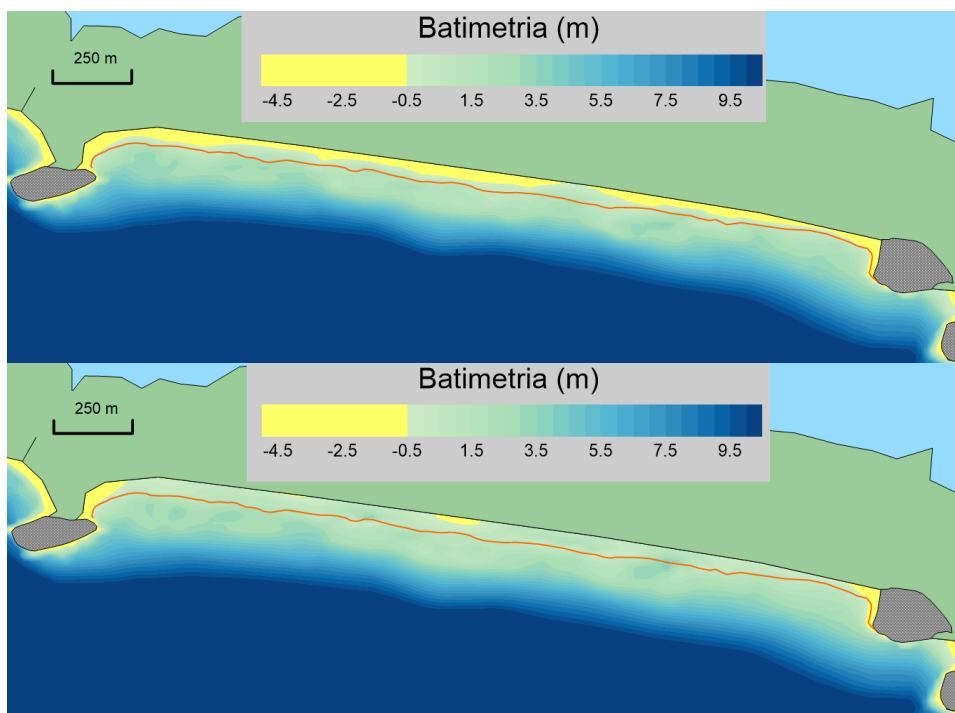


Figura 5 – Resultado da simulação da opção Recuo do muro, para situação atual e com subida do NMM

Implantação de Dois Quebra-mares submersos: Esta opção promoveu um aumento da erosão nos trechos não abrigados pelas estruturas submersas, a proteção costeira é somente localizada atrás dos quebra-mares, como mostrado na Figura 6. Verificou-se ainda que não ocorre proteção das benfeitorias no cenário de uma subida do nível médio do mar. Esta opção promove um aumento risco para os banhistas, além de apresentar um alto custo de implantação.

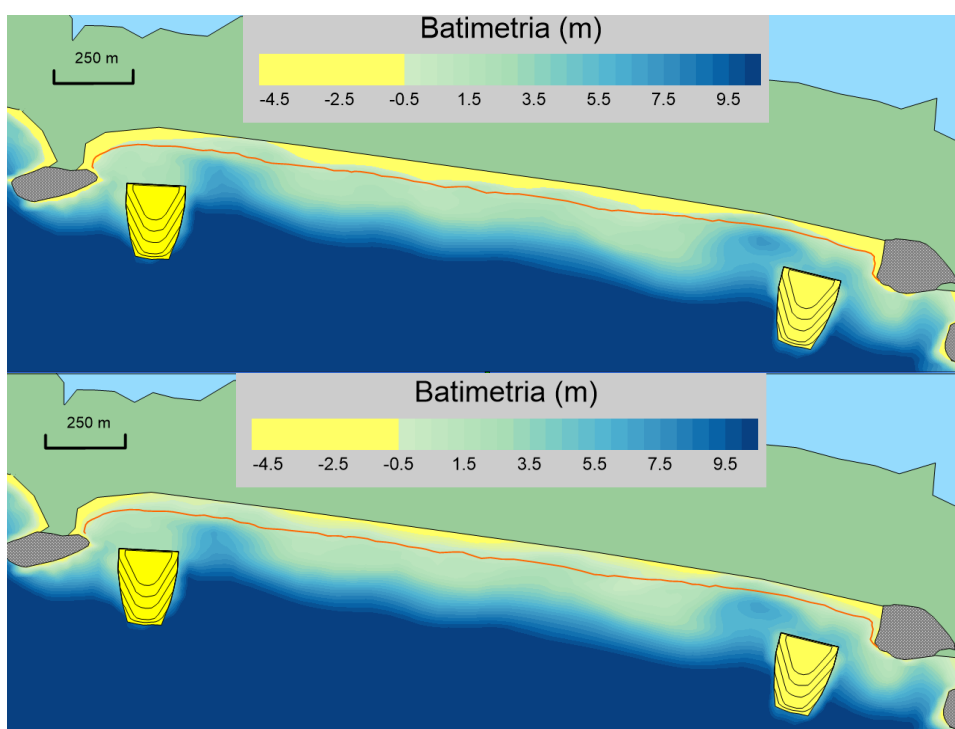


Figura 6 – Resultado da simulação da opção Implantação de Dois Quebra-mares submersos, para situação atual e com subida do NMM

Restauração do Estoque de Areia da praia: A colocação de $1.000.000 \text{ m}^3$ em toda a extensão da praia resulta num alargamento de cerca de 50 m, suficientes para o resguardo da estabilidade da murada. Os recuos da linha de costa não alcançaram as benfeitorias, nem mesmo na situação de sobrelevação do nível médio do mar, como mostrado na Figura 7. Uma grande vantagem está no incremento das atividades esportivas (vôlei, Futevôlei, etc.). O custo de implementação seria mais alto do que na opção de recuo do muro. Espera-se que esta opção tenha uma vida útil de aproximadamente 20 anos.

Restauração do Estoque de Areia da praia com recuo dos muros: A colocação de 800.000 m^3 em toda a extensão da praia resulta num alargamento de cerca de 40 m, juntamente com o recuo dos muros, mostrou-se eficiente para o resguardo da estabilidade da murada. Os recuos da linha de costa não alcançaram as benfeitorias, nem mesmo na situação de sobrelevação do nível médio do mar. Nesta opção também se garante um espaço para atividades na faixa da praia.

Restauração do Estoque de Areia da praia com a implantação de um Quebra-mar submerso posicionado no centro da praia: Como esperado, a colocação de $1.000.000 \text{ m}^3$ assegura a estabilidade da praia. A erosão não alcança o muro do calçadão em toda a extensão da praia, nem mesmo na região onde poderia estar implantado do recife artificial. A proteção é conferida na situação atual do nível médio do mar e também na situação de nível médio mais elevado. O espaço para atividades na faixa de praia também é garantido. É claro que os custos associados a esta alternativa de proteção, seriam os mais elevados dentre todas as opções.

A Tabela 1 apresenta um resumo comparativo entre as alternativas de proteção costeira estudadas.

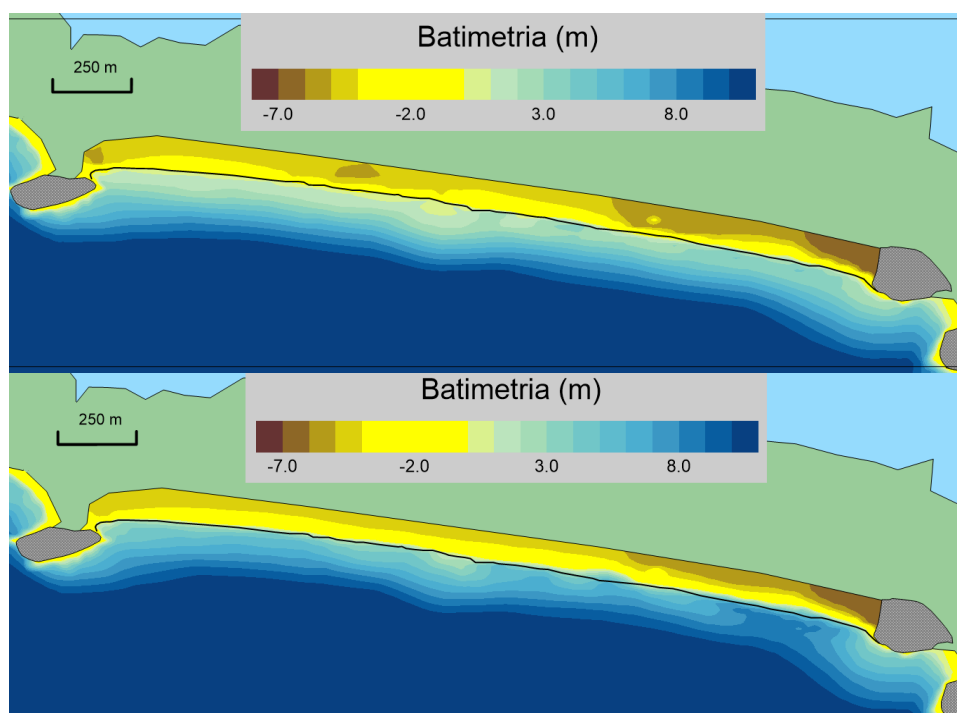


Figura 7 – Resultado da simulação da opção Restauração do Estoque de Areia da praia, para situação atual e com subida do NMM

Tabela 1: Resumo comparativo entre as alternativas estudadas

ALTERNATIVA	EFICIÊNCIA NA PROTEÇÃO DA PRAIA	PROTEGE NUMA EVENTUAL SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR	POSSIBILIDADE DE AUMENTO DE OUTRAS ATIVIDADES
RECUO DOS MUROS	MÉDIA/BAIXA - AJUDA NOS TRECHOS RECUADOS	NÃO	NÃO
QUEBRAMAR SUBMERSO (RECIFES ARTIFICIAIS)	MÉDIA/BAIXA - AJUDA NOS TRECHOS DE SOMBRA MAS PIORA NOS TECHOS ADJACENTES	NÃO	MELHORA PARA O SURFE
RESTAURAÇÃO DO ESTOQUE DE AREIA	ALTA - PROTEGE TODA A PRAIA	SIM	INCREMENTO DAS ATIVIDADES ESPORTIVAS (VÔLEI, FUTEVÔLEI, ETC)
RESTAURAÇÃO DO ESTOQUE DE AREIA COM RECUOS	ALTA - PROTEGE TODA A PRAIA	SIM	INCREMENTO DAS ATIVIDADES ESPORTIVAS (VÔLEI, FUTEVÔLEI, ETC)
RESTAURAÇÃO DO ESTOQUE DE AREIA COM UM QUEBRAMAR	ALTA - PROTEGE TODA A PRAIA	SIM	INCREMENTO DAS ATIVIDADES ESPORTIVAS (SURFE, VÔLEI, FUTEVÔLEI, ETC)

CONCLUSÃO

Diferentes alternativas de proteção costeira foram simuladas para a praia de Piratininga, abrangendo as mais eficazes, conhecidas na literatura de engenharia costeira, as inicialmente vislumbradas pela população local, bem como a composição entre alternativas.

Somente aquelas onde se considerou a reposição do estoque de areia, perdido por ressacas que atingem o calçadão há mais de três décadas, demonstraram eficácia na proteção da murada. Nessas situações, foi verificado que mesmo no caso de subida do nível médio do mar em +0,5 m, a proteção do calçadão é conferida. As alternativas de recuo do muro e de implantação do recife artificial, ambas realizadas isoladamente, ainda expõem a estabilidade do calçadão frente à atuação de ressacas, sendo ainda mais vulneráveis numa situação de subida do nível médio do mar. Os recifes artificiais, por exemplo, podem conferir uma proteção muito localizada, na sombra da estrutura, todavia, há a retirada areia da praia nas laterais de onde essas estruturas são posicionadas, indicando a necessidade de colocação prévia de material arenoso para viabilizar sua implantação, de forma segura, na praia de Piratininga.

No tocante ao incremento das atividades recreativas ou de lazer na praia, os recifes artificiais somente favoreceriam a prática do surfe, ao passo que a reposição do estoque de areia ou solução combinada que a considere, aumenta a largura da faixa de areia favorecendo a prática de diferentes esportes ou mesmo maior espaço aos banhistas. Considerando reposição do estoque e implantação do recife artificial, o incremento das atividades é ainda maior.

Como esperado, o simples recuo do muro do calçadão em menos de 1 km do arco praial foi a alternativa de menor custo, sendo seguido pela alternativa de implantação do recife artificial,

implantado isoladamente. A alternativa de reposição do estoque de areia aparece como intermediária em termos de custo, sendo aumentada se considerada combinada com o recuo do calçadão e mais ainda no caso da implantação de uma única estrutura de recife artificial, aqui considerada para efeito recreativo.

REFERÊNCIAS

- Aquamodelo Consultoria e engenharia Ltda. (2019). *“Elaboração de estudos investigativos preliminares, relatório técnico de proposições de soluções e projeto básico de engenharia para estabilização da praia de Piratininga e a recuperação do seu calçadão”*. Prefeitura Municipal de Niterói. C181002-PB-COS-RT-005-00.
- CCRON (2016). *“Ofícios nº 06, 07 e 08/16 à Prefeitura de Niterói”*.
- Muehe D. (1975). *“Análise Ambiental no Sistema Costeiro Sul-Oriental do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências”*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Muehe (2011). *“Erosão Costeira – Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil”*. Revista da Gestão Costeira Integrada 11 (3): 315-325.
- Neves Filho, S. C. (1992). *“Variação da Maré Meteorológica no Litoral Sudeste do Brasil [Rio de Janeiro]”*. Tese de Mestrado COPPE/UFRJ.
- IPCC (2007). *“Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.”*
- Pereira, T. G. et. Ali (2017). *“Impacto das Tempestades de 2016 em Orla Urbanizada: Arco Praia de Piratininga, Niterói – RJ”*. Revista do Depto de Geografia da Universidade de São Paulo. Vol. especial XVII SBGFA/I CNGF.
- Santos C. L. et alii (2004). *“Dinâmica Sazonal e os Efeitos das Ressacas nas Praias de Niterói/RJ”*. Revista Brasileira de Geociências, vol. 34.
- Schumacher, B.A. (2002). *“Methods for the determination of Total Organic Carbon (TOC) in soils and sediments”*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-02/069 (NTIS PB2003-100822).
- Silva A. L. C (2006). *“Comportamento Morfológico e Sedimentológico do Litoral de Itaipuaçu (Maricá) e Piratininga (Niterói), RJ, nas Últimas Três Décadas”*. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense.
- Silva A. L. C. et alii (2009). *“Morfodinâmica e a Estabilidade da Praia de Piratininga”*. Revista Brasileira de Geociências, vol. 39(4): 685-694.