

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DA LINHA DE COSTA DA CIDADE DE SALVADOR ENTRE OS ANOS DE 1984 A 2024

Raul Costa Pinto¹
Angélica Manina de Moraes Cunha Neta²
Danilo Souza Santana³
Junia Kacenenbogen Guimarães⁴

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as temáticas relacionadas às mudanças climáticas e a consequente alteração no nível relativo dos oceanos trazem grandes preocupações às possíveis alterações dos ambientes costeiros em todo o mundo. O avanço e as melhorias trazidas nas últimas décadas dos Sistemas de Sensoriamento Remoto às análises espaciais possibilitam a aplicação de metodologias que proporcionam mapeamento multitemporal de diversos ambientes e identificação de possíveis alterações. A possibilidade de mapear a linha de costa traz um importante indicador de possíveis mudanças no traçado e até mesmo alterações ambientais na foz dos rios ao longo dos anos.

Assim sendo, o trabalho tem como objetivo principal avaliar a metodologia de extração automática da linha de costa da porção leste da área de estudo, num período compreendido entre os anos de 1984 a 2024.

A área de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas de latitudes 12°44'S e 13°1'S e longitudes 38°19' e 38°33' e corresponde à linha de costa da margem leste do município de Salvador, no Estado da Bahia, conforme mostra a Figura 1.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, raul.costa@ufba.br;

² Mestranda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - UFBA, angelmmcn@mail.com;

³ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UFBA, daniilo130295@gmail.com;

⁴ Professora orientadora: Doutorado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, juniakg@gmail.com;

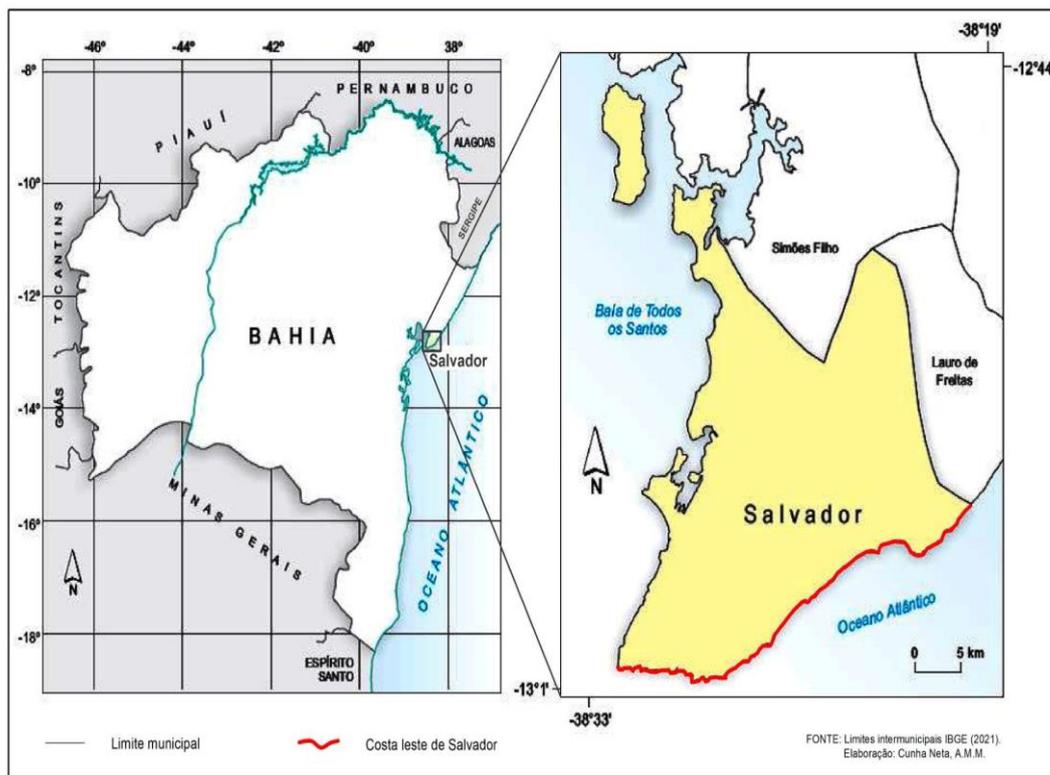


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fonte: elaboração própria.

A costa leste do município de Salvador apresenta aproximadamente 50 km de extensão com traçado no sentido sudoeste - nordeste. De maneira geral, as praias de Salvador apresentam-se intercaladas a afloramentos rochosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A extração automática da linha de costa realizou-se na plataforma de computação em nuvem *Google Earth Engine*, que viabilizou tanto a aquisição de imagens bem como o processamento digital das mesmas, para que assim pudesse ser aplicado nelas o índice espectral MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*), a binarização do índice e, por fim, a extração das linhas de costa que correspondem ao contato água-solo. O *software* QGIS 3.34.7 foi utilizado para alterarmos a simbologia dos vetores da linha de costa e para a confecção de mapas.

O processo de aquisição de imagens da área de estudo foi realizado através do “code editor” da plataforma *Google Earth Engine*, que, através de *scripts* feitos na linguagem de programação JavaScript, possibilita diversas operações. A coleção das imagens Landsat foram buscadas no dataset da plataforma e foram cortadas em função da área de estudo através da função “*clip()*”. A função “*filterDate()*” permitiu buscar as coleções de imagens num dado período de tempo, assim sendo, foram selecionadas 5 imagens da série de satélites do Landsat para os anos de 1984, 1994, 2004, 2014 e 2024; totalizando assim uma série histórica de 40 anos. As imagens utilizadas na análise multitemporal correspondem ao Landsat 5 (1984 e 1994), Landsat 7 (2004) e o Landsat 8 (2014 e 2024). As imagens utilizadas foram coletadas com um percentual de cobertura de nuvens entre 12% e 20% feito por meio da função “*filter(ee.Filter.lt(‘CLOUD_COVER, 25))*”, que busca imagens com valores de cobertura de nuvens abaixo de 25%.

Após seleção e aquisição das imagens, foi aplicado o índice espectral MNDWI - como no trabalho de Souza *et al.*, (2017), onde também foi usado o mesmo índice espectral para a extração automática da linha de costa, resultando assim em imagens com o limiar dos valores do pixel entre -1 e +1.

Logo em seguida seguiu-se o processo de binarização da imagem, tendo sido feita pelo operador lógico “*gt(0)*”, que pega valores acima de 0 da imagem, valores estes que correspondem justamente a faixa d'água da imagem.

O trabalho final no *Google Earth Engine* consistiu em converter as imagens em *shapefiles* através da função “*reduceToVectors()*”, extrair os *shapefiles* correspondentes ao contato água-solo de cada série temporal e, por fim, exportá-los para o *Google Drive* através da função “*Export.table.toDrive()*”.

Os 5 arquivos vetoriais de cada ano da série histórica foram importados para o *software* Qgis 3.34.7 no Sistema de Referência SIRGAS 2000. A partir daí efetuou-se a criação de rótulos correspondentes a cada ano da série histórica e editou-se a simbologia dos arquivos vetoriais a partir das cores e espessura das linhas. O processo final foi a confecção dos mapas com as linhas de costa tendo como pano de fundo as ortoimagens do Google Satélite disponibilizadas através do plugin *QuickMapServices*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, podemos observar a partir das figuras 2, 3, 4 e 5 abaixo que a extração automática da linha de costa apresenta resultado parcialmente satisfatório - embora em muitos trechos ele tenha identificado o contato água-solo com sucesso, o resultado final requer uma revisão por um operador, devido aos problemas mencionados a seguir.

Primeiramente, cabe ressaltar que o mapeamento do contato água-solo varia conforme a altura da maré do momento do imageamento, sendo este um erro inerente à opção por utilizar este indicador de linha de costa.

Outro problema decorre da resolução espacial das imagens utilizadas. As imagens da série Landsat têm resolução espacial de 30 metros, que, totalizando uma área de 900 m² para cada pixel, não conseguem exprimir com exatidão a posição da linha de costa.

Quanto aos problemas ligados ao mapeamento automático, ficou nítido que nas áreas de afloramentos rochosos e/ou com nuvens (Figuras 2 e 3), os resultados mostraram contornos diferenciados, dificultando assim a identificação da posição exata da linha de costa. As zonas de arrebentação, em pequenos trechos, foram identificadas pelo operador como parte da linha de costa, indicando que o processo de extração automática da linha de costa funciona melhor quando não há obstáculos entre a linha de costa e o continente nas imagens de análise.

Vale salientar que, a depender da série temporal, ora as zonas de arrebentação, ora os corpos rochosos eram mapeados, o que mostra que a extração automática de nenhuma série temporal atingiu plenamente o seu objetivo. Nota-se também que a extração dos anos mais recentes (2014 e 2024) se notabilizaram como as melhores representações da realidade das imagens, mas apresentaram resultados discrepantes a partir da parte sudoeste do bairro do Rio Vermelho. Já dentre os anos mais antigos, a linha de costa de 1984 se apresentou mais fiel à realidade do que as de 1994 e 2004. No entanto, dada a média resolução do pixel das imagens, não temos a acurácia suficiente para afirmarmos se as discrepâncias das imagens mais antigas se deviam à altura da maré à época em que as imagens foram obtidas.

A resolução das imagens disponíveis para o estudo não permite determinar com acurácia o quantitativo de acreção e erosão ocorridas na linha de costa (tendo em vista o tamanho do pixel de 30 metros), mas possibilita identificar os locais mais aparentes dessas ocorrências (Figura 4), além da correta delimitação dos corpos rochosos quando estes estão emersos na hora em que a imagem foi tirada (Figura 5).

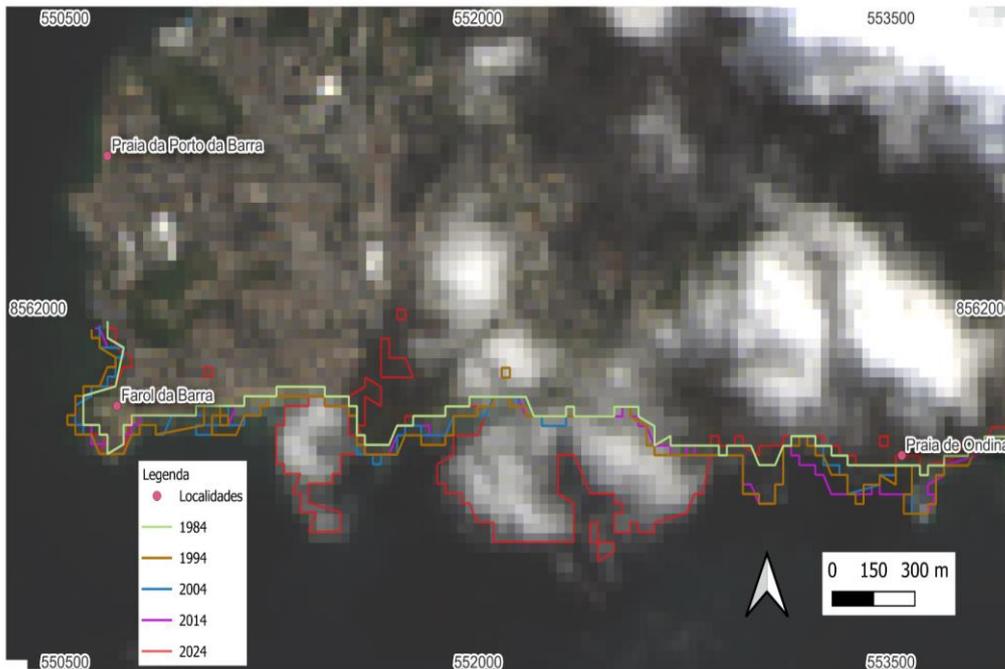


Figura 2 - Porção sudoeste da costa leste de Salvador, com a linha de costa do ano de 2024 com erro associado a presença de nuvens. Imagem do satélite Landsat 8 (14/5/2024). Fonte: elaboração própria.

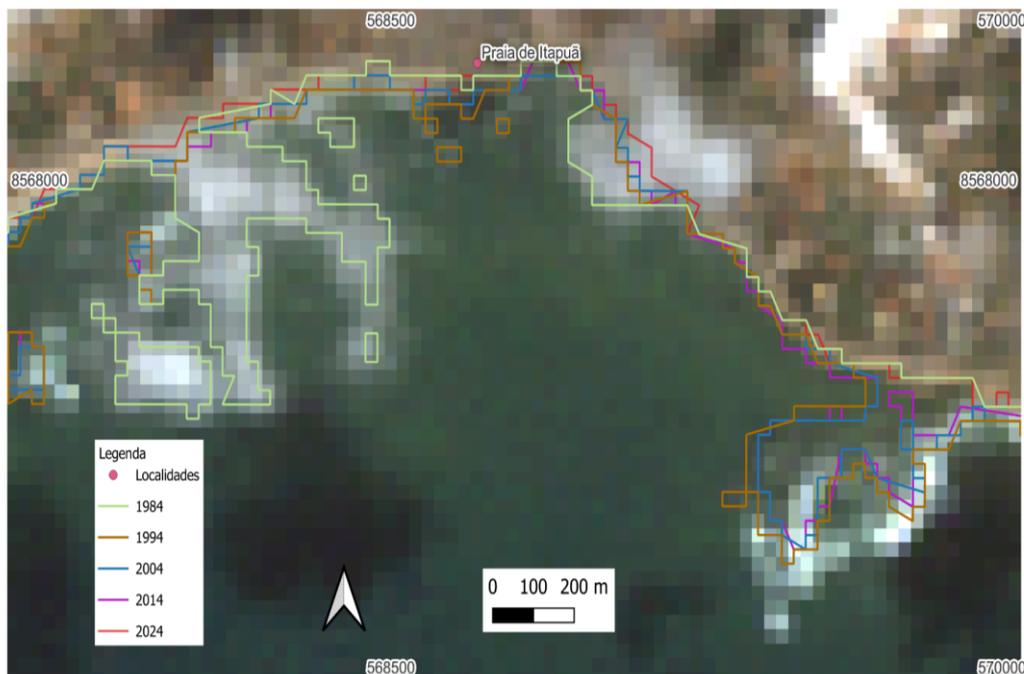


Figura 3 - Porção nordeste da costa leste de Salvador, na altura do bairro de Itapuá com a linha de costa de 1984 com erro associado tanto à presença de nuvens bem como aos afloramentos rochosos. Imagem do satélite Landsat 5 (19/7/1984). Fonte: elaboração própria.

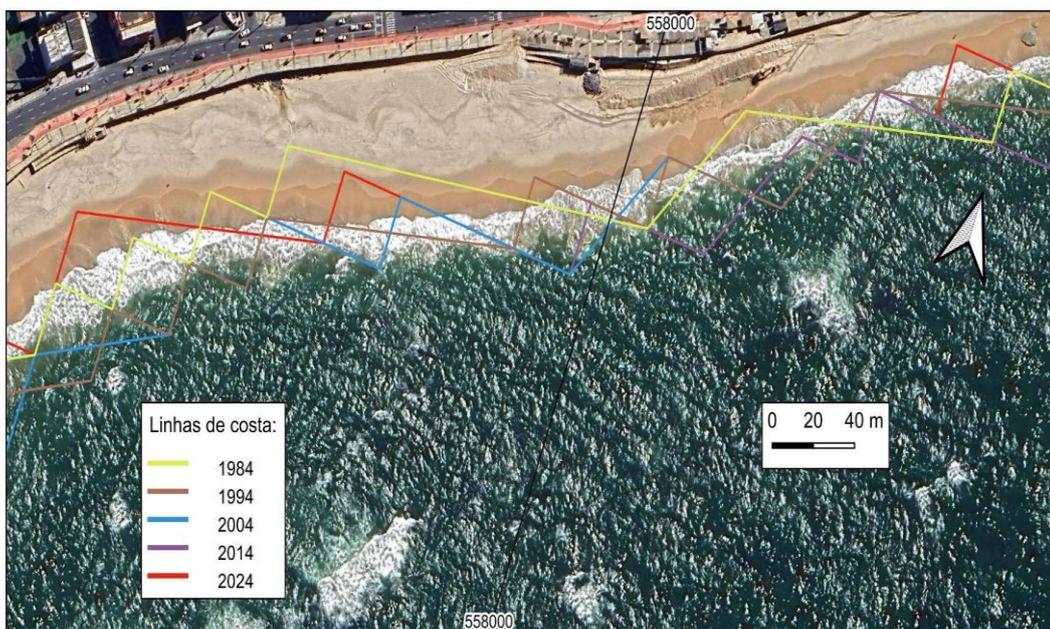


Figura 4 - Linhas de costa mapeadas na praia de Piatã, no bairro de Piatã, mostrando aparente padrão de progradação entre a linha de costa de 1984 a 2004 e de erosão entre as linhas de 2004 a 2024. Mapa rotacionado em 20°. Fonte: elaboração própria.

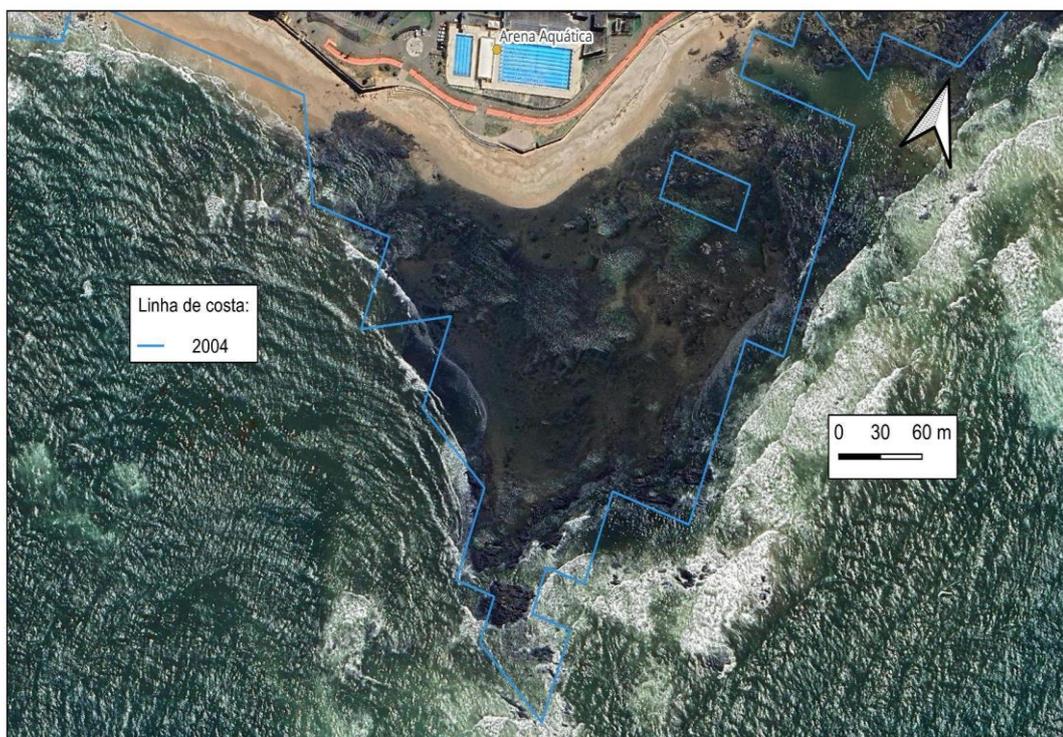


Figura 5 - Corpos rochosos em frente a Arena Aquática de Salvador, no bairro da Pituba. Mapa rotacionado em 20°. Fonte: elaboração própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de mapeamentos automáticos, como este, desde que revisados, podem ser importantes subsídios aos tomadores de decisões nas diferentes instâncias do poder público com vistas à prática do gerenciamento costeiro (Câmara *et. al.*, 2023). Estes resultados também podem servir de base para diversos estudos, tais como: monitoramento contínuo da linha de costa (Câmara *et. al.*, 2023); uso de algoritmos estatísticos para a modelagem de futuros prognósticos da área (Souza *et. al.*, 2017); e uma análise integrada dos processos da linha de costa a partir dos eventos de El Niño e La Niña (Freire de Aguiar *et. al.*, 2012). Assim sendo, a continuidade dos estudos visa a busca de imagens históricas da área de estudo feitas através de fotografias aéreas para extração mais detalhada da linha de costa a fim de avaliar os resultados obtidos, bem como outros métodos de extração que leve em conta diferentes indicadores da linha de costa. Ressaltamos também que a zona costeira, dada a sua importância para o ser humano, poderia receber um imageamento (quer semestral ou anual) a partir de levantamentos feitos por drones, tendo em vista a altíssima resolução espacial do imageamento feito pelos mesmos, garantindo assim uma acurácia bem superior da delimitação da linha de costa se comparadas com aquelas feitas com as imagens de satélite tradicionais. Por fim, postulamos o desenvolvimento de uma aplicação *SIG web* que permita não só aos gestores do poder público avaliarem a situação da linha de costa, mas também a população ribeirinha, pois são quem mais usufrui das praias e quem mais pode contribuir para a sua preservação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Imagens Landsat; Mapeamento da linha de costa.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, I. F. DA; HOLANDA, T. F. DE; COSTA, M. B. **Erosão e gestão costeira em praias protegidas por recifes no litoral sul de Pernambuco.** Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 24, n. 1, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2189. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2189>. Acesso em: 22 maio. 2024.

FREIRE DE AGUIAR, P.; EL-ROBRINI, M.; SATANDER SÁ FREIRE, G.; GUIMARÃES DE CARVALHO, R. **Mudanças morfológicas na linha de costa das praias de Almofada e da Barreira em médio período (1958-2004) utilizando técnicas**

de Sensoriamento Remoto. Revista Geonorte, [S. l.], v.3, n.5, p. 1612-, 2012. Disponível em: [//www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2240](http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2240). Acesso em: 26 ago. 2024.

SOUSA, WILLAMYS R. N. DE ; SOLTO, M. V. S. ; MATOS, S. S. ; SILVA NETO, C. A. ; DUARTE, C. R. . **Extração automática de linhas de costa aplicada ao monitoramento de processos de erosão costeira.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2017. p. 6423-6429. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/3PSMCSC?ibiurl.backgroundlanguage=pt-BR> Acesso em: 18 maio. 2024.