

## Quando a Geomorfologia encontra a História: reconstrução da evolução geomorfológica do Delta do Rio Paraíba do Sul nos últimos 500 anos

Fernandez, G.B. (LAGEF - UFF) ; Rocha, T.B. (LAGEF - UFF) ; Machado, B.A. (LAGEF - UFF) ; Vasconcelos, S.C. (PUC-RJ) ; da Costa, A. (GEOQUÍMICA - UFF) ; Figueiredo, M.S. (LAGEF - UFF) ; Dias, G.T.M. (LAGEMAR - UFF) ; Figueiredo Jr., A.G. (LAGEMAR - UFF) ; Silva, C.G. (LAGEMAR - UFF) ; Dominguez, J.M.L. (Geologia - UFBA) ; Pereira, T.G. (Geografia - UERJ)

### RESUMO

Os deltas do litoral oriental do Brasil são bons exemplos de deltas dominados/influenciados por ondas. Neste padrão deltaico a geomorfologia é marcada por cristas de praia, que mostram a evolução construtiva do delta, a partir de sucessivos registros de paleopraias. Este processo é controlado pelo abaixamento do nível do mar durante a transição do Holoceno Médio para o Tardio, até o presente, em conjunto com a disponibilidade de sedimentos fluviais modernos. O delta do Paraíba do Sul, mesmo com 40 anos de trabalhos sobre a evolução holocênica e de curto período, não foi devidamente investigado em escala histórica. Este trabalho correlacionou documentos históricos descrevendo relatos do século XVII, e do século XX, em conjunto com datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) para se recuperar a história evolutiva geomorfológica de 1500 AD até o presente do delta do Rio Paraíba do Sul.

### PALAVRAS CHAVES

*Geomorfologia histórica; Métodos de datação; Morfodinâmica costeira; Cristas de praia; Linha de costa*

### ABSTRACT

The eastern coastal Brazilian coast is marked by good examples of wave dominated/influenced deltas. In this deltaic pattern, it is common to observe successive beach ridges, which mark the shoreline evolution by paleo beaches. The deltaic evolution is controlled by sea level falling during the transition from the Middle to the Late Holocene, until the present, and modern fluvial sediments. The Paraíba do Sul River delta, even with 40 years of research, including Holocene and short-period evolution, has not been properly investigated on a historical scale. This work correlated historical documents, describing events occurred from the 17th century to 20 th century, together with previous Optical Stimulated Luminescence (OSL) dating results to recover the historical geomorphological evolution since 1500 AD, along Paraíba do Sul River delta.

### INTRODUÇÃO

O litoral oriental brasileiro é marcado por quatro deltas dominados/influenciados por ondas (e.g. BRUCE AINSWORTH et al., 2019; ANTHONY, 2015; NIENHUIS et al., 2015; SUTER, 1994; GALLOWAY, 1975), definidos pelos rios São Francisco (SF), Jequitinhonha (JQN), Doce (DC) e Paraíba do Sul (PDS) (DOMINGUEZ, 2023; FERNANDEZ et al., 2019; DOMINGUEZ, 2009). No padrão deltaico dominado por ondas, a morfologia predominante é representada por sucessivas cristas de praia, de maneira que cada crista marca progressivamente a incorporação de sedimentos arenosos pelas ondas, formando uma planície de paleopraias, proporcionando a evolução deltaica por progradação (TAMURA, 2012; OTVOS, 2020). Desta forma, as cristas de praia representam um robusto indicador para a reconstrução paleogeográfica (e.g. LAUDERDALE et al., 1996; OTVOS, 2000; TAMURA, 2012), sendo considerado por Scheffers et al. (2012) como geoarquivos da paisagem e fundamentais para o entendimento em relação, por exemplo, às mudanças climáticas e variações no nível do mar. De fato, no caso dos deltas da costa leste do Brasil, a morfologia progradante representada pelas cristas de praia foi considerada como um elemento fundamental para se determinar a evolução holocênica, em consonância com as flutuações relativas no nível do mar (DOMINGUEZ, 2023; FERNANDEZ et al., 2022; ROCHA et al.; 2022 FERNANDEZ et al., 2019). Estudos pioneiros ainda nos anos 1980 e 1990,

como por exemplo, Dominguez et al. (1983), Martin et al. (1985), Suguio et al. (1985), Dominguez et al. (1992); Martin et al. (1993), mostraram que a progradação das planícies deltaicas evoluiu conforme o nível do mar ia abaixando de altitude, após um máximo relativo holocênico, nos limites entre o Holoceno Médio e o Tardio, ou seja aproximadamente 5 ka. Mesmo com o aprimoramento das curvas de variação no nível do mar na costa brasileira (ANGULO et al., 2006), e interpretações revisando e reforçando a denominação deltaica para as planícies aos rios SF, JQN, DC e PDS (DOMINGUEZ, 2009; ROCHA et al., 2022), ficou comprovado por diferentes métodos geocronológicos que os deltas da costa leste do Brasil se desenvolveram durante o Holoceno (e.g. DOMINGUEZ, 2023; DOMINGUEZ e GUIMARÃES, 2021; ROCHA et al. 2022; FERNANDEZ et al. 2022; FIGUEIREDO et al., 2021; FERNANDEZ et al., 2019; ROCHA et al. 2019; ROSSETTI et al., 2015; DIAS e KJERVE, 2009). Se por um lado, a evolução Quaternária está bem conhecida, não estão esgotados os esforços para o melhor entendimento em relação à evolução geológico/geomorfológico dos deltas orientais do Brasil, principalmente em relação ao papel que flutuações paleoclimáticas, assim como a identificação morfodinâmica envolvendo processos atuais (DOMINGUEZ, 2023). Detalhes sobre a evolução morfológica do PDS foi sistematicamente interpretada na escala atual, como por exemplo Murillo et al. (2009); Vasconcelos et al. (2016); Rocha et al. (2018); Vasconcelos et al. (2021); Costa et al. (2020); Costa et al. (2023). Tais trabalhos utilizaram diferentes abordagens, envolvendo desde investigações geofísicas proximais à foz (MURILLO et al., 2009), até recentemente em relação a variações hidrodinâmicas em constância com imagens de alta definição (COSTA et al. 2023). Tais trabalhos reforçaram o entendimento de Besset et al. (2019), de que o PDS continua apresentando aumento em área nas últimas 4 décadas, mesmo que localmente processos erosivos tenham sido detectados ao sul da foz (e.g. VASCONCELOS et al., 2016; ROCHA et al., 2018; VASCONCELOS et al., 2021). Se há um robusto número de trabalhos que permite se ter uma boa ideia da evolução geológica do PDS, assim como na determinação da evolução decadal, existe uma lacuna importante no entendimento da evolução histórica do PDS. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo detalhar a evolução do PDS desde a história colonial (a partir do Século XVI), utilizando documentos históricos em conjunto com a geocronologia determinada por datações por luminescência opticamente estimulada (LOE), descrita em Rocha et al. (2019). Secundariamente, interpretar a evolução deltaica dos últimos 100 anos, com relatos de Lamego (1945), associadas às interpretações da evolução recente propostas por Vasconcelos et al., 2016; Rocha et al., 2018; Costa et al., 2020; Vasconcelos et al., 2021; Costa et al. 2023.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Em relação à geocronologia, para este trabalho foram selecionadas as três últimas amostras LOE publicadas por Rocha et al. (2019), tanto ao sul como ao norte ao canal do PDS, referentes às amostras ao norte N9, N10 e N11, e ao sul S8, S9 e S10 (Tabela 1). Na Tabela 1, as datações foram também ajustadas ao ANNO DOMINI (AD), definidas a partir da coleta efetuada em 2016. Em relação aos documentos históricos, parte-se do princípio que a história colonial do Brasil foi primeiramente documentada pela Carta de Pero Vaz de Caminha, em 1500 AD. Desta forma, partir das amostras LOE foram traçadas as relativas linhas de costa no PDS, no sentido de se identificar o ano da chegada dos portugueses, e as datas antecedentes e subsequentes. A recuperação da linha de costa ao sul do rio PDS, posterior à 1500 AD, se deu não somente pelas amostras LOE, mas também pela consulta direta do livro de Fernando José Martins, que em 2019 teve os originais de 1868, digitalizados. Na página 55/56, Martins (2019) relata que em 1630 “Lourenço do Espirito Santo, primeiro que na povoação da barra (esclarecimento: ‘barra’ representa o pontal sedimentar formado entre a foz do Paraíba do Sul e o oceano) tivera casa de negocio e redes de pescaria do alto mar, desgostoso por lhe ter morrido afogada a esposa, e que pela proximidade do mar não a tinha podido salvar a com rapidez da vasante, resolveu firmar sua residencia meia legua (esclarecimento: foi assumido que a légua poderia ser a medida britânica de 4,82 km, pois aparentemente era mais comum à época, sendo que a légua portuguesa era em 5 km, próximo à légua britânica. Porém foi assumida também a distância 6,6 km, conforme descrito por Nero da Costa (1994), como a medida da légua portuguesa colonial) acima da embocadura, n’um comoro de arêa, onde á 10 ou 12 braças (esclarecimento: uma braça corresponde a 2,2 metros) edificou-se a capellinha de S. João Baptista”. Este relato marca a fundação da cidade de São João da Barra (SJB) na margem direita do PDS, no ponto em que a Igreja de São João Batista está construída. As altitudes foram comparadas com o

relatório de estação geodésica número 8386, do IBGE (disponível em <http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=8396>) A partir do relato de Martins (2019) foi possível se determinar a linha de costa, traçando uma linha com aproximadamente 2,4 km e 3,3 km, a partir da igreja de São João Baptista, sendo a igreja o marco de fundação da cidade de São João da Barra (22º 38'03" S; 41º 02'58" W). Em campo foi feita uma visita direta à igreja de São João Batista, e o registro do drama familiar de Lourenço do Espírito Santos está materializado ao lado da porta de entrada da igreja. Desta maneira se obteve com relativa acurácia a recuperação do ponto de fundação da cidade, e a projeção da linha de costa, ao se projetar 2,4 km e 3,3 km deste ponto, em relação a crista de praia correspondente e no contato do que seria a barra descrita por Martins (2019) em relação a mudança da povoação em 1930, em uma imagem LANDSAT atual do delta. Para identificação dos processos evolutivos recentes, em relação aos documentos históricos dos último 100 anos, foi utilizado o relato feito por Lamego (1945), que na localidade de Gargaú, localizada na margem norte do PDS, escreve "o recuo do mar, embora continuo, dá-se por vezes rapidamente, como no caso de Gargaú, em 1926, quando o Atlântico recuou 200 metros em poucas semanas, retificando a costa em vários quilômetros, e criando uma laguna que isolou da nova praia a Vila sanjuanense". Tal fato permitiu primeiramente que Costa et al. (2020) recuperassem a antiga linha de costa, pela descrição feita por Lamego, com a identificação da lagoa Velha, ainda presente em Gargau. Desta maneira, a partir do relato, foi incorporada à linha de costa de 1926, com as subsequentes projeções do delta, seguindo os trabalhos de Costa et al. (2020) e Vasconcelos et al. (2021) para a parte norte.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 1 mostra as sucessivas projeções da linha de costa, interpretadas pelas amostras LOE, obtidas por Rocha et al. (2019), com dados disponíveis na Tabela 1. As linhas projetadas para 1500 AD foram obtidas a partir de taxas de migração envolvendo a distância e as idades LOE documentadas por Rocha et al. (2019). Em termos geomorfológicos o delta do PDS além de ser marcado por sucessivas cristas de praia (Figura 1), estas apresentam truncamentos na orientação das cristas, principalmente ao sul da planície deltaica, que alteram não somente a orientação como também a altimetria das cristas de praia (ROCHA et al. 2019). Para Rocha et al. (2019) os truncamentos representam pretéritos reposicionamentos do litoral, correspondentes aos atuais processos erosivos observados em Atafona, que criaram as condições para que as dunas frontais aumentassem de altitude. Deste modo, dunas desenvolvidas no trecho em erosão atingem altitudes superiores à 8 metros, enquanto no trecho em sedimentação não ultrapassam 4 metros (ROCHA et al. 2018). Na discussão baseada na Figura 2, tal fato será mais minuciosamente discutido. Tais considerações são importantes na correlação histórica com a altimetria da fundação da cidade de SJB e a geocronologia por LOE. A amostra S9 de Rocha et al. (2019) apresenta uma altitude de coleta em 2,8 metros acima do nível médio do mar, com a altitude máxima de aproximadamente 4 metros, correspondente ao trecho em progradação atual (Figura 1 e 2) e datado em 1416 AD, mostrando boa correspondência com as dunas atuais. Comparando com a altitude do terreno da igreja, relatada por Martins (2019), que descreve um 'comoro de arêa, onde á 10 ou 12 braças edificou-se a capelinha de S. João Baptista', esta altitude seria correspondente a 18 a 22 metros de altitude. Assumindo que a área da edificação da igreja está sobre um truncamento na orientação das cristas, seria então possível comparar com as atuais altitudes na linha de costa, realizadas por Rocha et al. (2018). Não houve boa correspondência, pois os valores máximos de 8 metros, estão bem abaixo do sugerido pelo relato histórico. De fato, as atuais altitudes das dunas frontais, na área em erosão, corresponderiam a menos da metade da altitude relatada na edificação da igreja. Não sendo possível a recomposição da altitude da superfície na área da igreja, é provável que possa ter havido ou equívocos na medição colonial da altitude do 'cômoro de arêa', ou talvez tal medida, em braças, seja referido a distância da igreja em relação à margem direta do PDS. Numa medida de campo, a distância entre a porta da igreja e a margem foi de aproximadamente 40 metros, até o atual alambrado, porém este pode ter sido alargado durante a evolução da urbanização da cidade. Para marcar o que poderia ser um equívoco de medição, a altimetria geodésica definida pelo IBGE para a continuidade da linha de 1416 AD, foi de 6,0 metros. O marco está localizado distante em 1,4 km ao sul da igreja (Figura 1). Desta forma, parece ter havido um erro de avaliação da altitude da superfície da igreja nos relatos históricos feitos por Martins (2019), uma vez que não se esperaria

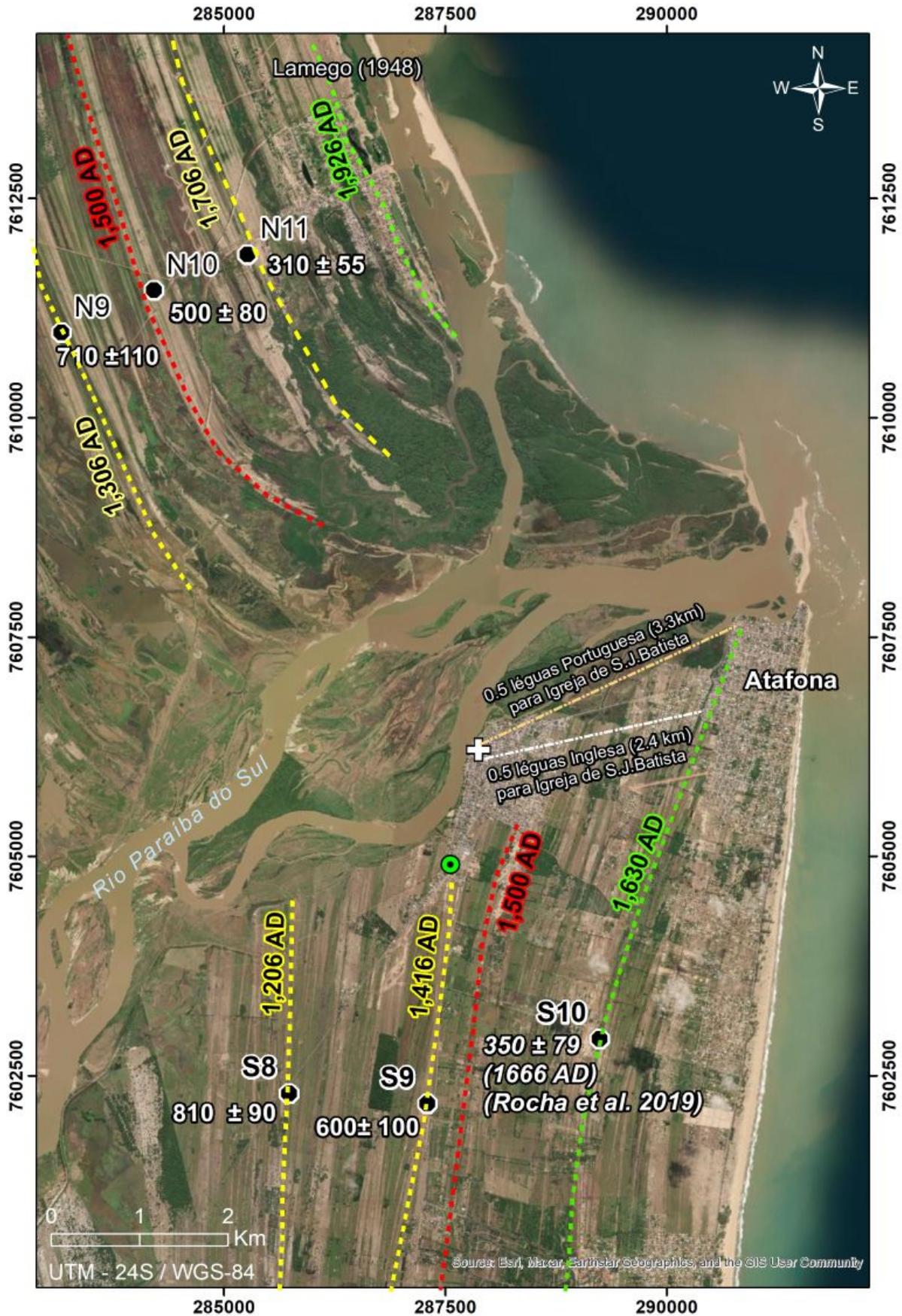
tamanho variação de acúmulo sedimentar, mesmo em um trecho com truncamentos nas cristas. É bastante mais razoável se interpretar que a altitude da superfície da área da tenha aproximadamente entre 6 e 8 metros, corresponde as atuais dunas frontais observadas junto à costa, e mais condizente com os dados ortométricos do IBGE, sendo a medida talvez em braços relativa à distância da margem do PDS. Em relação à posição planimétrica da linha de costa houve uma correspondência muito boa entre a posição da igreja, e a recomposição da linha de costa com as amostras LOE (Figura 1). A amostra S10, que estaria na posição da linha de costa em 1666 AD, se mostrou bastante próxima da linha traçada entre o que seria a localização da foz do rio, historicamente documentada em 1630 AD. De fato, a amostra S10 ao marcar a posição em 1666 AD, mesmo se assumindo que a datação por LOE tem variação em 79 anos, é bastante favorável à correspondência do relato histórico. A confiabilidade pareceu evidente na planimetria, pois não somente a posição da igreja permanece edificada como marco da fundação de São João da Barra, como houve uma correspondência direta em relação a projeção da linha de costa, utilizando a geocronologia por LOE, com a distância sugerida por Martins (2019). A posição da meia légua portuguesa (3,3 km), indicaria a posição aproximada da ‘barra’ descrita por Martins (2019), e a continuidade da crista, estaria ajustada à distância da meia légua inglesa. Martins (2019, p. 23) ainda escreve que existem ‘tres bons trapiches, um na cidade, e dous edificados na Atafona, lugar perto da Barra’. Ao se observar a Figura 1, nota-se que a continuidade da linha projetada em 1630 AD se sobrepõe à localidade de Atafona, indicando ainda mais confiabilidade ao registro da LOE com os dados históricos. Na Figura 2 estão plotados dados de erosão e progradação observados nos últimos 70 anos, utilizando os trabalhos de Vasconcelos et al. (2021) e Costa et al. (2020), que serviram para se ajustar aos relatos de Lamego (1945), em relação à dinâmica de evolução recente da linha de costa ao norte da foz. Ao Sul existem componentes erosivos e de sedimentação, em que as marcas de erosão, estão relacionadas a formação de dunas mais elevadas, e a sedimentação com dunas mais baixas (ROCHA et al. 2018). Muitas vezes a identificação da erosão em Atafona pode levar a generalizações equivocadas sobre a erosão costeira em todo o delta, ou seja, apenas um trecho de aproximadamente 3 km ao sul da foz se mostra em erosão (ROCHA et al. 2018). Desta forma, a morfologia das dunas parece se ajustar ao transporte lateral de sedimentos, sendo que na área de erosão, a formação de escarpamentos favorece a formação de dunas transgressivas, associadas a cortes eólicos e parabólicas, enquanto em Grussaí, a progradação favorece a formação de dunas menos elevadas, não raramente descritas por nebkas (MACHADO et al. submetido). Por outro lado, o comportamento da linha de costa ao norte da foz é continuamente progradante, sem os evidentes truncamentos observados ao sul (ROCHA et al. 2019), de forma que estas cristas parecem evoluir por processos distintos, em função da ação diferenciada da obliquidade de incidência de ondas ao sul e ao norte da foz (VASCONCELOS et al. 2016; FERNANDEZ et al. 2022). O contínuo processo de progradação documentado historicamente por Lamego (1945). Pelo relato, quando Lamego sugere ‘o recuo do mar, embora contínuo, dá-se por vezes rapidamente, como no caso de Gargaú, em 1926, quando o Atlântico recuou 200 metros em poucas semanas, retificando a costa em vários quilômetros, e criando uma laguna que isolou da nova praia a Vila sanjuanense’. Vasconcelos et al. (2016) mostraram que a ação de ondas oblíquas junto à foz, houve a emersão de barras submarinas, que quando emersas tiveram sua dinâmica lateral documentada na parte distas, projetando o spit até a linha de costa, sedimentando o litoral em aproximadamente 300 metros. Tal processo causa o isolamento de sistemas lagunares, reforçando os relatos de Lamego (1945). Esta dinâmica sugere que sedimentos de origem fluvial seriam continuamente organizados na antepraia, em barras submarinas, e posteriormente emersos que levariam ao isolamento de lagunas. Em adição às ideias de Vasconcelos et al. (2016), após a incorporação do spit junto a linha de costa, Costa et al. (2020) mostram que este entra em ajuste às ondas por transposição, redirecionado a linha de costa para o interior, e, portanto, se aproximando da documentação histórica feita por Lamego (1945), para explicar ‘o recuo do mar’. Assim a Figura 2 se ajusta a documentação histórica mostrando a contínua evolução progradante, desde 1926, na formação de sistemas lagunares separados por spits, presentes até o atual.

*Tabela 1*

Amostras LOE	UTM Longitude (E)	UTM Latitude (S)	UTM Zona	Idades LOE (yr)	Idades AD	Prof. (m)	Altitude (m)	Fonte
S8	285733	7602296	24K	810 ± 90	1206	1.0	2.34	Rocha et al. (2019)
S9	287296	7602179	24K	600 ± 100	1416	1.0	2.59	Rocha et al. (2019)
S10	289243	7602917	24K	350 ± 70	1630	1.0	0.99	Rocha et al. (2019)
N9	283162	7610969	24K	710 ± 110	1306	1.0	0.57	Rocha et al. (2019)
N10	284208	7611451	24K	500 ± 80	1516	1.0	1.67	Rocha et al. (2019)
N11	285265	7611861	24K	310 ± 55	1706	1.0	0.60	Rocha et al. (2019)

*Dados de datação obtidos em Rocha et al. (2019). As idades Anno Domini são relativas à coleta em 2016*

Figura 1



- Amostra - LOE (Rocha et al.2019)
- ⊕ Igreja - S.J.Batista (1630 AD )
- ⋯ Linhas de costa
- Base IBGE (6,0m)



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Anthony, E. J. Wave influence in the construction, shaping and destruction of river deltas: A review. *Marine Geology*, v.361,53-78 p. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.004>.
- Besset, M.; Anthony, E. J.; Bouchette, F. Multi-decadal variations in delta shorelines and their relationship to river sediment supply: An assessment and review. *Earth-science Reviews*, v. 193, p. 199-219. 2019. DOI 10.1016/j.earscirev.2019.04.018.
- Bruce Ainsworth, R., Vakarelov, B. K., Eide, C. H., Howell, J. A., & Bourget, J. Linking the high-resolution architecture of modern and ancient wave-dominated deltas: Processes, products, and forcing factors. *Journal of Sedimentary Research*, 89(2), 168-185, 2019. <https://doi.org/10.2110/JSR.2019.7>
- Costa, A. P. F., da Rocha, T. B., & Oliveira Filho, S. R. Dinâmica da abertura de canais de maré no flanco norte do delta do rio Paraíba do Sul - RJ utilizando imagens orbitais Planet Scope. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(1). 2023. <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2187>.
- Costa, A.P.F.; Rocha, T.B.; Fernandez, G.B. Dinâmica dos pontais arenosos no flanco norte do delta do rio Paraíba do Sul (RJ) entre 1984 e 2017. *Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)*. São Paulo, v. 21, n. 4, p.893-909, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1643>.
- COSTA, I. del N. da. Pesos e medidas no período colonial brasileiro: denominações e relações. *Boletim de História Demográfica*, v. 1, n. 1, p. 1-5. 1994.
- Dias, G.T.M. and Kjerfve, B. Barrier and Beach Ridge Systems of the Rio de Janeiro Coast. In: Dillenburg, S. & Hesp, P. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Berlin, Springer, pp. 225-248. 2009.
- Dominguez J.M.L. and Guimarães J.K. Effects of Holocene climate changes and anthropogenic river regulation in the development of a wave-dominated delta: The São Francisco River (eastern Brazil). *Marine Geology* 435, 2021. DOI: 10.1016/J.MARGEO.2021.106456.
- Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P., & Martin, L. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 13(2), 98-105, 1983.
- Dominguez, J.M.L. The Coastal Zone of Brazil. In: Dillenburg, S.R.; Hesp, P. (eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Lecture Notes in Earth Sciences, 107, p. 17-52, 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-44771-9\_2
- Dominguez, J.M.L. The Wave-Dominated Deltas of Brazil. In: Dominguez, J.M.L., Kikuchi, R.K.P.d., Filho, M.C.d.A., Schwaborn, R., Vital, H. (eds) *Tropical Marine Environments of Brazil*. The Latin American Studies Book Series. Springer, Cham. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21329-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21329-8_4)
- Dominguez, J.M.L. The Wave-Dominated Deltas of Brazil. In: Dominguez, J.M.L., Kikuchi, R.K.P.d., Filho, M.C.d.A., Schwaborn, R., Vital, H. (eds) *Tropical Marine Environments of Brazil*. The Latin American Studies Book Series. Springer, Cham. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21329-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21329-8_4)
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. Controls on Quaternary coastal evolution of the east and northeastern coast of Brazil: roles of sea level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80: 213-232, 1992.
- Fernandez G. B., Rocha T. B., Oliveira Filho S.R., Vasconcelos S.C., Silva A.L.C., Pereira T.G.; Moulton M.A.B. Evolução morfodinâmica de planícies costeiras: do quaternário aos eventos atuais. In: *Revisões da Geomorfologia Brasileira*. União da Geomorfologia Brasileira. Cap. 12, 293-335p. 2022. ISBN 978-65-86503-85-2.
- Fernandez G. B., Rocha T. B., Oliveira Filho S.R., Vasconcelos S.C., Silva A.L.C., Pereira T.G.; Moulton M.A.B. Evolução morfodinâmica de planícies costeiras: do quaternário aos eventos atuais. In: *Revisões da Geomorfologia Brasileira*. União da Geomorfologia Brasileira. Cap. 12, 293-335p. 2022. ISBN 978-65-86503-85-2. <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/view/376/593/2905>

Fernandez, G.B; Rocha, T.B.; Barboza, E.G.; Dillenburg, S.R.; Da Camara Rosa, M.L.C.; Angulo, R.J.; De Souza, M.C.; De Oliveira, L.H.S.; Dominguez, J.M.L. In *Natural Landscapes Along Brazilian Coastline*. Springer Singapore, p. 199-218, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04333-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04333-9_10)

Figueiredo M.S., Brill D., Rocha T.B. Fernandez, G.B. Late Holocene evolution of São Tomé cape (Rio de Janeiro, Brazil): Insights from geomorphological, geophysical and geochronological data. *Quaternary International* 602. 15-29, 2021. DOI: 10.1016/j.quaint.2021.04.001

Galloway, W.E. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional system. *Deltas*. Geol. Society, p. 87-98, 1975.

Lamego, A.R. Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses. *Divisão de Geologia e Mineralogia. Boletim número 118, DNPM*, pp. 47, 1945.

Lauderdale F., Taylor M. and Stone G.W. Beach-Ridges: A Review. *Journal of Coastal Research* Vol. 12, No. 3, pp. 612-621, 1996.

Machado, B.A., Rocha, T.B, Moulton, M.A.B., Oliveira Filho, S.R., Coutinho, I.P.O, Fernandez, G.B. Relationship between Fore-dune Evolution and Shoreline change in Paraíba do Sul River Delta, Brazil. Article submitted to *Journal of South American Earth Sciences*.

Martin, L., Suguio, K., Flexor, J. M., Tessler, M.; Eichler, B. B. Roundness in Holocene sands of the Paraíba do Sul coastal plain, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 343-351, 1995.

Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M. As Flutuações de nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica dos “Deltas” Brasileiros. *Bol. IG.SP, Publ. Esp.*,15:1-186, 1993.

Martins, F.J. *Memórias Fluminenses: História dos descobrimentos e povoação da cidade de S. João da Barra e dos Campos dos Goytacazes antiga capitania da Parahyba do Sul e da causa e origem do levante denominados - dos fidalgos - acontecido no meado do século passado. Dividida em três partes. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia. ISBN 978-85-99968-57-4. 266 p. 2019.*

Murillo, V. C., Silva, C. G., & Fernandez, G. B. Nearshore sediments and coastal evolution of Paraíba do Sul River delta, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 56. 650-654. 2009.

Nienhuis, J. H., Ashton, A. D., & Giosan, L. What makes a delta wave-dominated? *Geology*, 43(6), 511-514, 2015. <https://doi.org/10.1130/G36518.1>

Otvos E.G. Coastal barriers - fresh look at origins, nomenclature and classification issues. *Geomorphology* 355. 2020. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.107000.

Otvos E.G. Beach ridges - definitions and significance. *Geomorphology* 32(1-2): 83-108, 2002. DOI:10.1016/S0169-555X(99)00075-6

Riedesel S., Brill D., Roberts H.M., et al. Single-grain feldspar luminescence chronology of historical extreme wave event deposits recorded in a coastal lowland, Pacific coast of central Japan. *Quaternary Geochronology* 45, p.37-49. 2018. DOI: 10.1016/j.quageo.2018.01.006.

Rocha T.B., Machado B.A., Silva J.C., et al. Interação morfodinâmica entre praia e duna frontal no delta do Rio Paraíba Do Sul (RJ) a partir de uma década de monitoramento. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 19(2). 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i2.1233.

Rocha T.B., Vasconcelos S.C., Costa A.P.F., Machado B.A., Figueiredo M.S., Novak L.P., Gonçalves T.P.; Fernandez G.B. Deltas dominados por ondas: trajetória conceitual, dinâmica e evolução a partir de exemplos do complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul. In: *Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira. União da Geomorfologia Brasileira. Cap. 14, 366-394p. 2022. ISBN 978-65-86503-85-2. https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/view/376/593/2905.*

Rocha T.B., Vasconcelos S.C., Costa A.P.F., Machado B.A., Figueiredo M.S., Novak L.P., Gonçalves T.P.; Fernandez G.B. Deltas dominados por ondas: trajetória conceitual, dinâmica e evolução a partir de exemplos do complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul. In: *Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira. União da Geomorfologia Brasileira. Cap. 14, 366-394p. 2022. ISBN 978-65-86503-85-2. https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/view/376/593/2905.*

Rocha, T.B.; Vasconcelos, S.C.; Pereira, T.G.; Fernandez, G.B. Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) nas cristas de praia do delta do Rio Paraíba do Sul (RJ): considerações

- sobre a evolução geomorfológica entre o pleistoceno superior e o holoceno. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, p. 563-580. 2019. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1620>.
- Rossetti, D.F.; Polizer, S.P.; Cohen, M.C.L.; Pessenda, L.C.R. Late Pleistocene-Holocene evolution of the Doce river delta, southeastern Brazil: implications for the understanding of wave-influenced deltas. *Marine Geology*, 367 (171-190). 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2015.05.012>.
- Scheffers, A., Engel, M., Scheffers, S., Squire, P.; Kelletat, D. Beach ridge systems - archives for holocene coastal events? *Progress in Physical Geography*, 36(1), 5-37. 2012. <https://doi.org/10.1177/0309133311419549>
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A. C., Dominguez, J. M., Flexor, J. M., and de Azevedo, A. E. (1985) Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4), 273-86. 1985.
- Suter, J.R. (1994) Deltaic Coasts. In: *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Cambridge University Press. Cambridge, pp.87-120.
- Suter, J.R. Deltaic Coasts. In: *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Cambridge University Press. Cambridge, 1994. p.87-120.
- Tamura T., Oliver T. S. N., Cunningham A. C., Woodroffe C. D. Recurrence of Extreme Coastal Erosion in SE Australia Beyond Historical Timescales Inferred from Beach Ridge Morphostratigraphy. *Geophysical Research Letters*. Volume 46, Issue 9 p. 4705-4714. 2019. <https://doi.org/10.1029/2019GL083061>.
- Tamura, T. Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records. *Earth Science Reviews*, 114(3-4), 279-297, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.EARSCIREV.2012.06.004>
- Vasconcelos S.C., Rocha T.B., Pereira T.G., et al. Gênese e morfodinâmica das barreiras arenosas no flanco norte do delta do Rio Paraíba Do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia* 17(3). 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i3.845.
- Vasconcelos, S.C.; Ramos, I.A.; Nunes, R.S.; Santos, R.A.; Figueiredo Jr., A.G. Dinâmica erosiva e progradacional das praias de Atafona e Grussaí (RJ), 1954-2019. *Revista da ANPEGE*, v. 1, p. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5418/ra2021>.