



Isabelle Afonso Vieira de Souza

Projeções de cenários futuros de comportamento da linha de costa entre Atafona e Grussaí (São João da Barra, RJ) a partir da tendência dinâmica observada no período de 1954 a 2022.

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos

Rio de Janeiro,
Março de 2023



Isabelle Afonso Vieira de Souza

Projeções de cenários futuros de comportamento da linha de costa entre Atafona e Grussaí (São João da Barra, RJ) a partir da tendência dinâmica observada no período de 1954 a 2022.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia. Aprovada pela Comissão examinadora:

Prof. Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Dr. Rafael da Silva Nunes

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva

UERJ

Prof^a. Dra. Thaís Baptista da Rocha

UFF

Rio de Janeiro, 6 de março de 2023

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Isabelle Afonso Vieira de Souza

Graduou-se em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio em 2019, possuindo diplomação como Bacharela e Licenciada em Geografia com Domínio Adicional em Questões Ambientais. É atualmente integrante do Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros – NEAC PUC-Rio. Tem experiência em projetos de pesquisa na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física, Geomorfologia Costeira e Geoprocessamento.

Ficha Catalográfica

Souza, Isabelle Afonso Vieira de

Projeções de cenários futuros de comportamento da linha de costa entre Atafona e Grussaí (São João da Barra, RJ) a partir da tendência dinâmica observada no período de 1954 a 2022 / Isabelle Afonso Vieira de Souza ; orientador: Sérgio Cadena de Vasconcelos. – 2023.

138 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2023.

Inclui bibliografia

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Erosão. 3. Progradação. 4. Atafona. 5. Grussaí. 6. Projeção de Linha de Costa. I. Vasconcelos, Sérgio Cadena de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

CDD: 910

Agradecimentos

A minha filha Helena, que me acompanhou durante todo o processo de trabalho e escrita dessa dissertação, dentro e fora da barriga. Você veio para colocar o meu mundo de cabeça para baixo, me sinto do avesso e nunca fui tão feliz. Obrigada por chegar na nossa família, por vencer todos os obstáculos encontrados com maestria e por ressignificar e transformar a nossa família.

Ao meu amado marido Igor, por ter me acompanhado fielmente por todo o percurso tortuoso que passamos, por não soltar a minha mão em momento nenhum, por ser meu abrigo quando eu preciso desabar e a minha força quando preciso me levantar. Obrigado por me proporcionar essa família linda e essa vida excepcional ao seu lado.

A minha mãe Ana Celeste e a minha avó Benta, por serem os melhores modelos que qualquer um poderia querer, exemplos de avó, mãe, filha, esposa e amiga, que sempre estão lá na minha torcida, que me oferecerem apoio e força em todas as minhas escolhas. Sem a presença de vocês ao meu lado não teria sido possível chegar até aqui.

A minha melhor amiga Carolline, que agora também é madrinha da minha filha, que presente foi você aparecer no meu caminho. Obrigada por tudo, por todos os momentos juntas e separadas, pelas tardes de quarta-feira em que nos seus dias de folga na faculdade você foi até a minha casa cuidar do meu bebê para que eu pudesse dar continuidade a este trabalho. Continuamos sendo e seremos para sempre IsaRol.

Ao querido professor Sérgio Cadena, pela orientação, por todo o aprendizado e pelas palavras de incentivo em cada etapa do mestrado. É inspirador ter você como professor.

Aos prezados professores Rafael Nunes (PUC-Rio), André Silva (UERJ) e Thaís Baptista (UFF) por aceitarem o convite em participar como membros da banca de avaliação desta dissertação de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Viera de Souza, Isabelle Afonso; Vasconcelos, Sérgio Cadena de. **Projeções de cenários futuros de comportamento da linha de costa: praia de Atafona e Grussaí (RJ) a partir da tendência dinâmica observada no período de 1954 a 2022.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A zona costeira é caracterizada por possuir certa fragilidade devido a sua complexa dinâmica ambiental, que é diretamente correspondente a interação dos agentes continentais e marinhos que, nem sempre, atuam em equilíbrio. Sendo assim, a intensa ocupação humana nas regiões costeiras, muitas vezes de forma desordenada, vem intensificando este desequilíbrio gerando consequências e impactos, usualmente negativos, ao ambiente costeiro e a população que habita a beira mar. Neste contexto, o presente trabalho compreende a realização do monitoramento continuado para o trecho do litoral entre Atafona e Grussaí, localizado em São João da Barra, litoral norte fluminense, através da projeção de cenários futuros de comportamento da linha de costa, para a temporalidade de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos, baseados na tendência de comportamento de diversos pontos fixos observado através da dinâmica mapeada sobre séries históricas de fotografias aéreas e imagens de satélite nos últimos 68 anos. Os resultados encontrados para os cenários futuros mostram a retrogradação da linha de costa a uma velocidade média de $-2,78\text{m/ano}$ na região afetada pelo processo erosivo e uma progradação de $+2,51\text{ m/ano}$ onde ocorre predominantemente o processo de acreção. Mantendo-se a dinâmica atualmente delineada, o cenário futuro para os próximos 30 anos aponta que a região próxima ao pontal de Atafona continuará sendo a mais afetada pela perda de terreno costeiro em resposta à dinâmica erosiva, onde a maior taxa linear encontrada é de $-161,10\text{m}$ a partir da atual linha de costa; na praia de Grussaí, a incorporação de sedimentos devido o processo de acreção tende a produzir uma progradação da linha de costa atual de cerca de $+127,10\text{m}$.

Palavras-Chave:

Erosão; Progradação; Atafona; Grussaí; Projeção de Linha de Costa; Geotecnologia.

Abstract

Viera de Souza, I. A., Vasconcelos, S. C (advisor) **Projections of future scenarios of shoreline behavior: Atafona and Grussaí beach (RJ) based on the dynamic trend observed in the period from 1954 to 2022.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The coastal zone is characterized by having a certain fragility due to its complex environmental dynamics, which is directly corresponding to the interaction of continental and marine agents that, not always, act in balance. Thus, an intense human occupation in coastal regions, often in a disorderly way, has intensified this imbalance, generating consequences and impacts, usually negative, to the coastal environment and a population that inhabits the seashore. In this context, the present work comprises the carrying out of continuous monitoring for the stretch of coast between Atafona and Grussaí, examination in São João da Barra, Rio do Janeiro's north coast, through the projection of future behavior scenarios. coastline, for the temporality of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 years, based on the behavior trend of each fixed point observed through the dynamics mapped in the last 68 years. The results found for future scenarios show the displacement of the coastline at an average speed of -2.78 m/year in the region affected by the erosion process and +2.51 m/year where the progradation process occurs. Keeping the currently outlined dynamics, the future scenario for +30 years points out that the region close to the Atafona point will continue to be the most affected by the erosion dynamics, where the highest linear rate found is -161.10m from the current line of coastline in the region, while at Grussaí beach, the progressive process will have added +127.10m to the current coastline.

Keywords:

Erosion; Progradation; Atafona; Grussaí; Coastline Projection, Geotechnology.

Sumário

Introdução.....	1
Revisão Bibliográfica	5
1.1. Dinâmica Costeira	5
1.2. Erosão Costeira.....	8
1.3. Progradação Costeira.....	9
Caracterização da Área de Estudo	13
2.1. Localização.....	13
2.2. Contexto geológico/geomorfológico (evolução geológica)	13
2.2.1. Modelos Evolutivos do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul.....	15
2.3. Clima	20
2.4. Aspectos Hidrológicos	20
2.5. Padrão de Ventos.....	21
2.6. Ondas.....	22
2.7. Maré	23
2.8. Transporte Litorâneo	23
2.9. Histórico de Erosão Costeira Local.....	26
Procedimentos Metodológicos	31
3.1. Modelagem da Linha de Costa	33
3.1.1. Obtenção de registros das linhas de costa pretéritas.....	33
3.1.1.1. Reunião de séries históricas de imagens.....	33
3.1.1.2. Geoprocessamento e detecção de mudanças do litoral.....	35
3.1.1.3. Quantificação de áreas.....	37
3.1.2. Determinação da taxa de evolução costeira – TEC	39
3.1.3. Previsão das linhas de costa futuras	42
Resultados e Discussão	43
4.1. Resultados por Período Analítico.....	43
4.1.1. Período de 2019 a 2020	43
4.1.2. Período de 2020 a 2021	46
4.1.3. Período de 2021 a 2022	49
4.2. Resultados das projeções dos cenários futuros.....	52
4.2.1. Cenário futuro +5 anos	57
4.2.2. Cenário futuro +10 anos	62
4.2.3. Cenário futuro +15 anos	67
4.2.4. Cenário futuro +20 anos	72

4.2.5. Cenário futuro +25 anos	77
4.2.6. Cenário futuro +30 anos	82
4.2.7. Panorama Geral	87
4.3. Discussão	87
4.4. Conclusão	96
Referências Bibliográficas	97
Anexo 1	106
Anexo 2	110
Anexo 3	117

Lista de Figuras

Figura 1. Sinalização de "Área Interditada" próximo as ruínas do antigo Hotel do Julinho na região da praia de Atafona. Foto: Vieira de Souza, I. A. (2020).....	2
Figura 2. Casa inicialmente abandonada pelo proprietário, hoje encontra-se habitada por moradores em situação de rua, cena comum observada na localidade. Foto: Pinto, R. O. (2018).	2
Figura 3. A, B e C ilustram um esquema mostrando mecanismo de migração intermitente da desembocadura fluvial no sentido de sotamar, esta migração resulta da interação entre a deriva litorânea e flutuações na descarga fluvial. O item D retrata o mapa geológico das vizinhanças da desembocadura o rio Paraíba do Sul	10
Figura 4. Mapa indicando o sentido do transporte litorâneo proposto por Cassar e Neves (1993). Os sentidos dos fluxos predominantes sugerem uma convergência nos fluxos de deriva que pode colaborar para o balanço sedimentar positivo em Grussaí e a conseqüente progradação da linha de costa.	11
Figura 5. Mapa de localização da área de estudo. Litoral entre as praias de Atafona e Grussaí, litoral Norte Fluminense.....	13
Figura 6. Principais províncias geológicas/geomorfológicas do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul.	14
Figura 7. Esquema evolutivo para a planície do rio Paraíba do Sul proposta por MARTIN <i>et al.</i> (1997).	19
Figura 8. Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro.	21
Figura 9. Rosa dos ventos para os litorais de Atafona e Grussaí.	22
Figura 10. Histograma direcional de ondas para a Boia Virtual de Campos do modelo WAM, no período entre 2004 e 2007 (Machado, 2009).	23
Figura 11. Transporte residual potencial entre Cabiúnas e o flanco norte do rio Paraíba do Sul, para o período entre 2004–2007. O item A. ilustra a ocorrência do transporte residual potencial ao longo da linha de costa da região, os pontos azuis indicam transporte sentido sul–norte, e os vermelhos sentido norte–sul. O item B corresponde a rosa de ondas para o período de 2004 a 2007. O item C compreende o gráfico de transporte residual potencial (m ³ /s). Os valores negativos indicam transporte sentido sul–norte, e os positivos de norte–sul.	25
Figura 12. Transporte residual potencial na região do delta do rio Paraíba do Sul, para o período entre 2004–2007. O item A. ilustra a ocorrência do transporte residual potencial ao longo da linha de costa da região, os pontos azuis indicam	

transporte sentido sul–norte, e os vermelhos sentido norte–sul. O item B corresponde a rosa de ondas para o período de 2004 a 2007. O item C compreende o gráfico de transporte residual potencial (m ³ /s). Os valores negativos indicam transporte sentido sul–norte, e os positivos de norte–sul.....	26
Figura 13. Mapa da planície deltaica a sul do rio Paraíba do Sul. Cada feixe de cristas arenosas está representado com uma cor diferente, as discordâncias erosivas estão representadas pelas linhas vermelhas, totalizando 13 episódios erosivos que ficaram registrados no relevo da planície costeira nos seus 5.100 anos de evolução.....	27
Figura 14. Mapa da destruição elaborado por Azevedo (2004), com o objetivo de mostrar graficamente a erosão no distrito de Atafona entre as o período de 1975 a 2004.	29
Figura 15. Resultado do processo erosivo em uma casa em Atafona, partes da construção encontram-se espalhados pela areia Foto: Vieira de Souza, I. A. (2021).	30
Figura 16. Escoras aparentes dos remanescentes de uma construção a beira mar. Foto: Pinto, R. O. (2018).	30
Figura 17. Fluxograma dos procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho.....	32
Figura 18. Exemplo de etapa de georreferenciamento da primeira imagem de 07.10.2017 sobre as imagens de 2006, onde os círculos brancos colocam em destaque os pontos de link entre ambas, o georreferenciamento foi feito no software ArcGIS versão 10.05.	35
Figura 19. Exemplo da etapa de vetorização da linha de costa da imagem sobre a fotografia aérea do ano de 1964 utilizando o software ArcGIS versão 10.05. .	36
Figura 20. Exemplo da etapa de identificação da dinâmica costeira, através da comparação entre linhas de costas de anos distintos, utilizando o software ArcGIS 10.05. A comparação das linhas no exemplo acima indica a ocorrência do fenômeno erosivo visto que a linha de costa de idade mais recente (2007) se encontra posicionada mais para o interior do continente do que a posição da linha de costa em 2006, caracterizando um processo de retrogradação da linha de costa.....	37
Figura 21. Transectos de equidistantes de 50 metros utilizados para o cálculo de taxa média de erosão e de progradação.....	38
Figura 22. Exemplo de resultado após clip do shape de subdivisões a cada 50 metros para a comparação entre os anos de 1954 e 2019, utilizando o software ArcGIS versão 10.05.....	39

Figura 23. Transectos traçados pela extensão DSAS entre as linhas de costa analisadas.	40
Figura 24. Demonstração da apresentação gráfica do cálculo da TEC.	41
Figura 25. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2019 e 2020, para as praias de Atafona e Grussaí.	44
Figura 26. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2020 e 2021, para as praias de Atafona e Grussaí.	47
Figura 27. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2021 e 2022, para as praias de Atafona e Grussaí.	50
Figura 28. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 5 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.....	58
Figura 29. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 10 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.	63
Figura 30. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 15 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.	68
Figura 31. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 20 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.	73
Figura 32. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 25 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.	78
Figura 33. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 30 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.	83
Figura 34. Gráfico síntese representativo da dinâmica observada na área de estudo dentre todos os períodos analíticos.	91
Figura 35. Variação morfodinâmica para o período de 1954 até 2052 (cenário +30 anos) para as praias de Atafona e Grussaí.	93
Figura 36. Na figura (a) são todos os formatos que o Pontal de Atafona já apresentou nas datas trabalhadas, já na figura (b) podemos observar os transectos delimitados pela ferramenta DSAS para o cálculo da TEC, o 1 transecto é delineado apenas onde há interseção entre todas as linhas apresentadas e assim sucessivamente, ou seja, a dinâmica erosiva e construtiva do pontal em sua maior parte não entrar para a base de cálculo.	94

Lista de Tabelas

Tabela 1. Estimativa de transporte litorânea segundo Cassar e Neves (1993)..	24
Tabela 2. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2019 a 2020.....	43
Tabela 3. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2020 a 2021.....	46
Tabela 4. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2021 2022.....	49
Tabela 5. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +5 anos.....	57
Tabela 6. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +10 anos.....	62
Tabela 7. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +15 anos.....	67
Tabela 8. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +20 anos.....	72
Tabela 9. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +25 anos.....	77
Tabela 10. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +30 anos.....	82
Tabela 11. Área total, erodida e progradada para os cenários futuros de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos.....	87
Tabela 12. Taxa linear média e máxima para os cenários futuros de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos para as dinâmicas erosivas e progradantes.	87
Tabela 13. Tabela síntese da dinâmica costeira mapeada a partir da comparação de imagens e fotografias aéreas para diferentes épocas. Foram obtidos valores de áreas envolvidas em cada processo (medida em metros quadrados - m ²); taxa média de variação linear da linha de costa (em metros - m) e velocidade média dos processos em curso (expressa em metros por ano – m/ano).	90
Tabela 14. Tabela representativa dos valores de erosão e progradação linear máxima por período.....	91
Tabela 15. Dados quantitativos referentes ao período de 1954 e cenário futuro de +30 anos da dinâmica erosiva e progradacional entre as praias de Atafona e Grussaí.....	92
Tabela 17. Tabela com dados originados pelo DSAS contendo os valores originados para o LRR.....	110
Tabela 18. Tabela com resultados para LCt, obtidos da equação para a previsão de linha de costa futura apresentada no item 3.1.3.....	117

Lista de Quadros

Quadro 1. Modelo geral de evolução geológica das planícies da costa central brasileira durante o Quaternário, válido para o trecho entre Macaé (RJ) até o Rio Grande do Norte.	16
Quadro 2. Relação de imagens utilizadas para compor a série histórica.....	33

Introdução

Os municípios da zona costeira do Brasil representam o equivalente a 4,6% do território nacional, contudo, concentram 26,58% da população, o que equivale a 50,7 milhões de pessoas (IBGE, 2011). Este cenário reflete o modelo de ocupação colonial e segue a tendência mundial da população em ocupar predominantemente áreas próximas ao litoral.

Embora densamente ocupada, a zona costeira é caracterizada por possuir certa fragilidade devido a sua complexa dinâmica ambiental, fruto da interação entre os agentes continentais e marinhos que, nem sempre, atuam em equilíbrio. Sendo assim, a intensa ocupação humana nas regiões costeiras – qual ocorre muitas das vezes de forma desordenada e sem um planejamento adequado – vem intensificando este desequilíbrio, gerando consequências e impactos majoritariamente negativos ao ambiente costeiro e a população que habita a beira mar (SANTOS, 2006).

Um dos principais problemas encontrados na zona costeira em todo o mundo são as consequências em decorrência do fenômeno da erosão (BIRD, 1985; SOUZA *et al.*, 2005; MUEHE, 2006; SOUZA, 2009). Um dos reflexos mais expressivos é a perda de áreas recreativas e edificadas devido ao recuo da linha de costa. Contudo, assim como destacado por Dias e Silva (2003) “o recuo do litoral é um processo natural que somente se torna um problema quando construímos estruturas permanentes em áreas passíveis de erosão ou do impacto das ondas”.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), estima-se que no Brasil 40% da costa enfrente graves problemas de erosão, e a principal causa desse fenômeno “é a intervenção antrópica nos processos costeiros, principalmente através de interferências no balanço sedimentar, seguido da urbanização da orla” (MMA, 2018 p. 19). Portanto, entende-se que monitorar o comportamento dos ambientes costeiros é vital para a gestão do meio ambiente, fazendo parte de um conjunto de tarefas e atividades que contribuem para o uso adequado da zona costeira. O monitoramento contínuo de regiões impactadas por dinâmicas erosivas permite que profissionais responsáveis possam vir a tomar decisões voltadas para um melhor gerenciamento dessas áreas (GONÇALVES, 2010; FARIA e MAIA, 2010)

No Brasil, dentre os ambientes costeiros que apresentam uma importante dinâmica associada a eventos erosivos e progradacionais, destaca-se a planície costeira

holocênica associada ao delta atual do rio Paraíba do Sul, no litoral norte fluminense. Este trecho da linha de costa possui certo destaque e tem sido tradicionalmente objeto de pesquisas científicas ao longo das últimas décadas (MUEHE *et al.* 2018). Apesar de sua planície possuir um caráter progradante no tempo geológico, típico de ambientes deltaicos modernos, a região da praia de Atafona vem sofrendo com o fenômeno de erosão costeira desde os anos de 1950 (LAMEGO, 1955; DIAS e GORINI, 1980; SILVA, 1997; SANTOS, 2006; ROCHA *et al.*, 2013; VASCONCELOS *et al.*, 2021, entre outros). Essa praia é conhecida pelo processo de erosão que se tornou um atrativo turístico regional através do turismo de catástrofe nos últimos anos, podendo ser visto nas **Figuras 1 e 2**.



Figura 1. Sinalização de "Área Interditada" próximo as ruínas do antigo Hotel do Julinho na região da praia de Atafona. **Foto:** Vieira de Souza, I. A. (2020).



Figura 2. Casa inicialmente abandonada pelo proprietário, hoje encontra-se habitada por moradores em situação de rua, cena comum observada na localidade. **Foto:** Pinto, R. O. (2018).

Neste contexto, o presente trabalho visa auxiliar a compreensão da dinâmica evolutiva da planície litorânea ao sul da foz do rio Paraíba do Sul, a partir do desenvolvimento de uma proposta para modelagem futura da linha de costa, baseada nas informações existentes sobre a dinâmica deste trecho costeiro nos últimos 68 anos (entre 1954 e 2022). Desta forma, o trabalho busca assim contribuir para a melhor gestão dos problemas decorrentes da perda de terreno costeiro em decorrência da erosão na praia de Atafona. Tais informações se apresentam como uma importante ferramenta para os gestores municipais na busca por estratégias de planejamento, ocupação e usos múltiplos do litoral, tanto nos trechos sob domínio do processo erosivo (Atafona), quanto naqueles em franco processo progradacional (Grussaí).

Para tanto, o objetivo principal do presente trabalho visa construir possíveis cenários futuros de comportamento da linha de costa no trecho do litoral compreendido entre as praias de Atafona e Grussaí (norte fluminense), com base na dinâmica costeira observada nos últimos 68 anos (extraída a partir da análise de séries históricas de fotografias aéreas e imagens de satélite).

Para atingir a este objetivo geral, serão desenvolvidos alguns objetivos específicos:

- Quantificar a variabilidade da linha de costa sobre séries históricas de fotografias aéreas e imagens de satélite dos últimos 68 anos (1954 a 2022), a partir do estabelecimento de pontos fixos de controle a cada 50 metros ao longo do trecho do litoral estudado;
- Projetar futuras posições da linha de costa para as próximas três décadas em intervalos de 5 anos, com base na tendência de comportamento observada em cada ponto fixo em relação à projeção anterior (assumindo-se que esta tendência se mantenha para as próximas décadas);

Entende-se que a possibilidade de antever o comportamento da linha de costa a médio e longo prazo diante de possíveis cenários de agravamento ou de atenuação dos fenômenos atualmente em curso, apresenta-se como um importante subsídio para a gestão e mitigação de impactos futuros.

Visando atender o objetivo geral e os específicos, a dissertação apresenta-se estruturada em quatro capítulos, organizados da seguinte forma: o **primeiro capítulo** dedica-se a apresentação da base teórico-conceitual adotada neste estudo, onde são discutidos temas relacionados a dinâmica costeira de forma geral, a erosão costeira e a progradação costeira, que são os fenômenos mapeados na localidade de Atafona e Grussaí nas últimas 7 décadas.

O **capítulo dois** é dedicado a caracterização geral da área de estudo, apresentando diversos aspectos físicos e ambientais importantes para a compreensão da dinâmica local.

No **capítulo três** são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a aquisição de informações necessárias para a realização da análise contemplada, como: modelagem da linha de costa; obtenção de linhas de costa pretéritas; reunião de séries históricas de imagens; geoprocessamento e detecção de mudanças do litoral; quantificação de áreas; determinação da taxa de evolução costeira (TEC) e previsão de linha de costa futuras, que são os procedimentos necessários para a realização da modelagem de linha de costa.

O **capítulo quatro** apresenta os resultados alcançados por cada um desses métodos, assim como as principais análises e discussões. Finalizando, são apresentadas as principais conclusões, bem como sugestões de estudos futuros para melhor entendimento da dinâmica erosiva-progradacional localizada na planície ao sul do delta do rio Paraíba do Sul.

1

Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica tem como objetivo dissertar sobre os principais assuntos relacionados ao objeto de pesquisa, quais são: dinâmica costeira, erosão costeira e progradação costeira, detalhados a seguir.

1.1. Dinâmica Costeira

Os ambientes costeiros são extremamente dinâmicos, com mudanças significativas podendo ocorrer em períodos de dias, meses ou anos. Essa dinamicidade está relacionada ao fato destes ambientes sofrerem com o impacto simultâneo de diversos processos e variáveis, como os agentes terrestres, os oceânicos, os atmosféricos e os antrópicos, que ao atuar sobre a linha de costa são responsáveis por alterar constantemente suas características (MUEHE, 1994; ÂNGULO, 2004; MURILLO, 2008; NEVES e MUEHE, 2008).

As planícies deltaicas são acumulações sedimentares depositadas na zona costeira, resultantes de um processo gradual de construção sedimentar que dependem da competição contínua entre a deposição por processos construtivos do sistema fluvial e do retrabalhamento e redistribuição dos sedimentos por processos do meio receptor, sendo resultado da interrelação intrínseca entre os sistemas costeiros e continentais (SUGUIO, 2003; ROCHA *et al.* 2022). Deste modo, as formas das planícies refletem os aspectos relativos às características distintas entre os processos fluviais que ocorrem ao longo das bacias hidrográficas, bem como a partir dos agentes dinâmicos que atuam dentro da bacia de recepção sedimentar. Estes últimos associados às ondas e marés (VASCONCELOS, 2010).

A morfodinâmica costeira expressa a relação entre os processos costeiros (forçantes) e as formas do relevo, através do transporte de sedimentos, no qual a morfologia dinamicamente criada acaba tendo sua forma alterada, afetando a maneira com que estes mesmos processos passam a criar formas, pelo transporte, erosão e acumulação de sedimentos (FERNANDEZ *et al.*, 2022). Os elementos responsáveis

pela dinâmica costeira, relacionada a formação e evolução de diferentes deltas, de acordo com Morgan (1970), Coleman e Wright (1975, *apud* VASCONCELOS, 2010), são:

- (A) O clima, que é responsável pela determinação da variação e da intensidade dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes em um sistema fluvial;
- (B) As variações hidrológicas e sedimentares, que compreendem as variações no padrão do canal, assim como no tamanho e seleção dos grãos;
- (C) A ação tectônica, que corresponde a geometria das sequências sedimentares deltaicas quais são controladas pelo comportamento tectônico da bacia hidrográfica assim como do sítio deposicional;
- (D) A variação do nível do mar, que é responsável por formar ou retrabalhar os depósitos costeiros; e os processos costeiros, como os efeitos de ondas, marés e correntes.

Desta forma, podemos nos debruçar sobre cada um destes elementos apontados pelos autores para o entendimento da dinâmica associada a formação deltaica. Entende-se, inicialmente, que a zona costeira possui os seus aspectos fisiográficos e o seu desenvolvimento intrinsecamente relacionado as variações climáticas, visto a grande influência exercida pelos agentes oceânicos, atmosféricos e continentais. A alteração na intensidade e/ou regularidade e distribuição espacial de ventos, podem trazer, por exemplo, impactos sobre o regime de chuvas, alterações na geração de ondas e no padrão de correntes e mudanças na circulação oceânica de massas d'água. Em uma escala local, o transporte eólico de sedimentos pode ser afetado, ocasionando o desmatamento de dunas e/ou o desequilíbrio morfodinâmico das praias (NEVES e MUEHE, 2008).

Mudanças na climatologia dos ventos causam inerentemente mudanças na climatologia de ondas. As ondas ocasionam o transporte de sedimentos e mudanças na morfologia de praias, produzem esforços sobre estruturas e afetam a navegação. No caso de tempestades e/ou de marés meteorológicas, com a ocorrência de ondas mais altas, as praias ficam expostas a ressacas e a mudanças que reflitam em um recuo da linha de costa, mostrando a vulnerabilidade de cidades litorâneas aos efeitos de mudanças climatológicas (NEVES e MUEHE, 2008).

A temperatura, ainda englobada pela variação climática, pode ser responsável pelo aquecimento dos oceanos (induzido pelo aquecimento atmosférico) provocando a expansão térmica da água. Como consequência, tem-se o aumento do volume das águas marinhas, que por sua vez acarreta o aumento do nível médio dos mares. Mudanças no padrão de temperatura da superfície do mar influenciam também o regime de ventos e conseqüentemente o padrão de formação de ondas (NEVES e MUEHE, 2008).

As variações hidrológicas e sedimentares proveniente de qualquer ação antrópica ou fenômeno natural, por sua vez, traz conseqüências sobre a morfologia, a qualidade da água e sobre os diversos ciclos de vida e biomas associados aos ambientes estuarinos. A partir de monitoramentos contínuos é possível quantificar e estabelecer relações de causa e efeito entre as intervenções continentais e as respostas da zona costeira (NEVES e MUEHE, 2008). Costa (1995 *apud* NEVES e MUEHE, 2008) através de análises de vazões fluviais diárias no Rio Paraíba do Sul, por um período de 50 anos, apresenta o estabelecimento de vínculos temporais entre as construções de obras hidráulicas, o aumento da utilização de recursos hídricos na bacia e o acúmulo de sedimentos no Pontal de Atafona.

Além dos agentes relacionados acima, entende-se ainda a zona costeira como um “amplo espaço de interação setorial, institucional, demográfica, e urbana onde a imprevisível dinâmica ambiental afeta as complexas relações entre o homem e o meio” (POLETTE e LINS-DE BARROS, 2012, p.165) tornando dessa forma, a ação humana um fator relevante na dinamicidade da zona costeira.

A expansão urbana e exploração turística das regiões litorâneas, desde as grandes até pequenas cidades, geram numerosos problemas ao ambiente costeiro, tais como: erosão, contaminação e poluição das águas, degradação e destruição dos ecossistemas e recursos costeiros (BASTOS e SILVA, 2000; ÂNGULO; 2004). A costa brasileira (assim como em muitos outros países) foi ocupada de forma não planejada, não levando em consideração a dinâmica costeira (ÂNGULO, 2004). Este processo de ocupação desordenada aliada ao fato de possíveis alterações na forma e posição do litoral contribui diretamente para que conseqüências econômicas indesejáveis ocorram. Pode-se citar, por exemplo, a destruição de edificações ou ainda os custos elevados na tentativa de interromper e/ou retardar o processo de reajuste morfológico da praia (MUEHE, 1994).

O desafio que permeia a relação homem/zona costeira repousa sobre a necessidade de compatibilizar a ocupação costeira com a dinâmica costeira, visando mitigar os impactos ambientais que vêm sendo causados à esta região. Assim, o estudo morfodinâmico da costa “tomou-se imprescindível para um desenvolvimento sustentável ao longo do litoral” (BASTOS e SILVA, 2000, p.42).

1.2. Erosão Costeira

Um dos principais problemas ambientais das zonas costeiras em todo o mundo é a erosão, que inclui a erosão das praias e demais ambientes naturais e antrópicos existentes na linha de costa (LINS-DE-BARROS, 2005; SOUZA, 2009). Em termos gerais, “a identificação das causas da erosão costeira tem sido frequentemente marcada por incertezas devido à falta de informação sobre a tendência de variação do nível do mar, clima de ondas e da evolução da linha de costa” (MUEHE, 2005, p. 97). No entanto, este fenômeno pode ser estabelecido a partir de diversas causas, tornando-se difícil se identificar quais são os agentes mais ativos em um processo de erosão costeira, visto que os fatores naturais e antrópicos interagem entre si o tempo todo, condicionando o processo (RIBEIRO *et al.*, 2004, MUEHE, 2005).

Na costa brasileira, observa-se que os fenômenos erosivos são frequentes em todo o litoral, onde cerca de 40% da linha de costa do Brasil está sob efeito erosivo (MMA, 2018), ocorrendo preferencialmente em praias e, em menor escala, em falésias e nas proximidades de desembocaduras fluviais e estuarinas (NEVES e MUEHE, 2008). Muehe (2005) aponta que em muitos casos a erosão costeira é proveniente da intervenção no balanço de sedimentos através de construções de estruturas rígidas (que possuem a finalidade de proteger a costa e/ou instalações portuárias). Tais estruturas, geralmente desencadeiam ou intensificam o processo erosivo, resultando na necessidade de construção de novas estruturas de retenção ou proteção (como espigões e muros). O autor aponta também as desembocaduras fluviais como segmentos críticos afetados pela erosão, em parte como resultado da própria morfodinâmica, mas também como resultado de modificações naturais ou induzidas no regime de vazão fluvial e na variação do aporte de sedimentos, como barragens e desvios ao decorrer da extensão dos rios.

A urbanização das praias de forma desordenada também é reconhecida como um problema, principalmente construções muito próximas a regiões dinâmicas da

praia. O problema já foi devidamente reconhecido e normas foram elaboradas fixando a largura de uma faixa de não edificação. Entretanto, estas normas ainda não são respeitadas de modo mais amplo, além de não ser possível remover as construções já existentes (MUEHE, 2005).

Dessa forma, a erosão passou a ser tratada não somente como uma questão voltada para o entendimento de processos físicos do litoral, ganhando um enfoque socioeconômico (LINS-DE-BARROS, 2005). Visto que, dentre os impactos causados pela erosão costeira, constata-se que as áreas mais afetadas são: as residências costeiras, as atividades antrópicas ligadas ao turismo e lazer, pesca e aquicultura, atividades portuárias, atividades de comércio, industriais e de serviços ligadas diretamente a todas as anteriores, e a conservação de ecossistemas costeiros (LINS-DE-BARROS, 2005; SOUZA, 2009).

1.3. Progradação Costeira

Sendo o antônimo do processo erosivo, a progradação costeira entende-se pelo aporte sedimentar contínuo sobre a linha de costa, que, com o decorrer do tempo, ocasiona a sedimentação desse material e, portanto, a sua progradação. Contudo, existem diversas fontes sedimentares que ao terem contato as correntes oceânicas podem vir a culminar em um processo progradante da linha de costa, sendo estes marinhos ou terrestres.

Em busca de compreender como ocorre efetivamente a sedimentação das regiões costeiras associadas a desembocaduras fluviais, foi apresentado por Suguio *et al.* (1985) uma dinâmica que os autores denominaram de “bloqueio do transporte litorâneo de sedimentos arenosos pelo fluxo fluvial”. Ou seja, em condições favoráveis, com alta descarga fluvial, o fluxo de água junto à desembocadura fluvial se constituiria como um obstáculo que bloquearia o transporte de sedimentos. Desta forma, os sedimentos ficariam retidos de encontro ao “obstáculo” – atuando como uma espécie de “molhe hidráulico” – fazendo com que a linha de costa a barlamar do rio progradasse rapidamente. No entanto, a sotamar, a ação de deriva litorânea continuaria ocasionando a remoção dos sedimentos, provocando assim o recuo da linha de costa (SUGUIO *et al.*, 1985; DOMINGUEZ, 1990) (**Figura 3**).

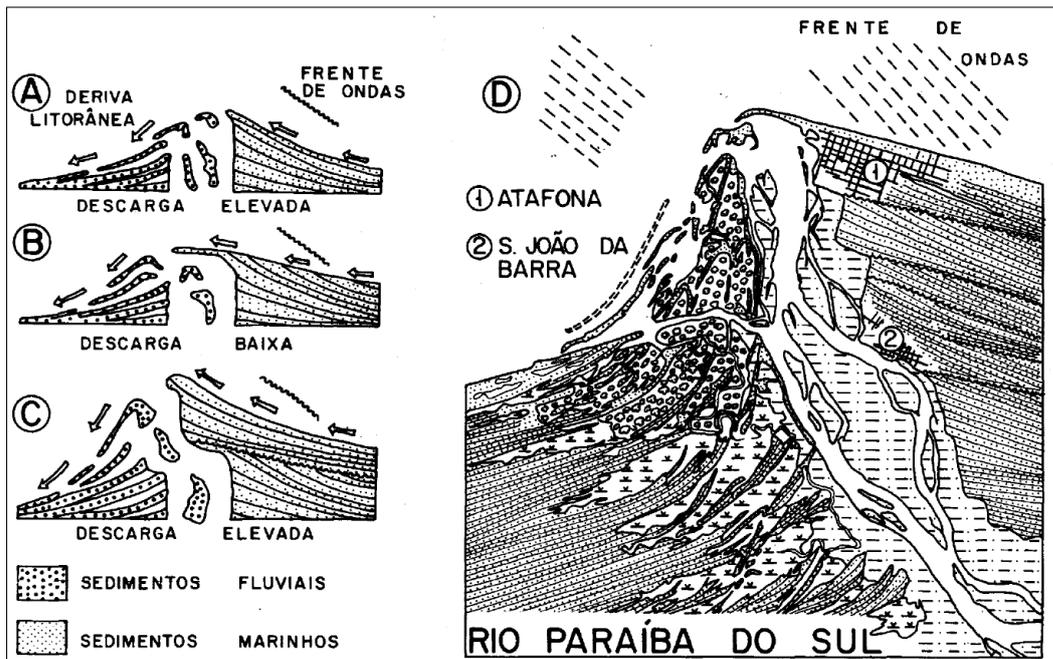


Figura 3. A, B e C ilustram um esquema mostrando mecanismo de migração intermitente da desembocadura fluvial no sentido de sotamar, esta migração resulta da interação entre a deriva litorânea e flutuações na descarga fluvial. O item D retrata o mapa geológico das vizinhanças da desembocadura o rio Paraíba do Sul. **Fonte:** Dominguez, 1990.

Dias (1981) ao abordar o desenvolvimento de cordões arenosos na planície costeira ao sul do rio Paraíba do Sul, afirma que estes seriam formados por sedimentos de origem fluvial, que após atingirem o mar e serem retrabalhados por agentes costeiros, são transportados pela corrente de deriva litorânea ao longo da costa. A sequência de cordões arenosos resultaria do aporte contínuo desses sedimentos à praia.

No entanto, a partir de outros estudos como Cassar e Neves (1993) utilizando-se da metodologia de rosas de transporte litorâneos, os autores propõe que o transporte sedimentar ao longo da costa (**Figura 4**), na região de Atafona e Grussaí, se dá em direção sul, onde ocorre um transporte residual da ordem de 3.000 m³/dia. Em contrapartida, o transporte ao longo do litoral entre Barra do Furado e Cabo de São Tomé, é preferencialmente em direção norte, quando ocorre uma redução até inversão do transporte em direção à Barra do Açu, passando a 500 m³/dia de transporte residual (BASTOS e SILVA 2000).

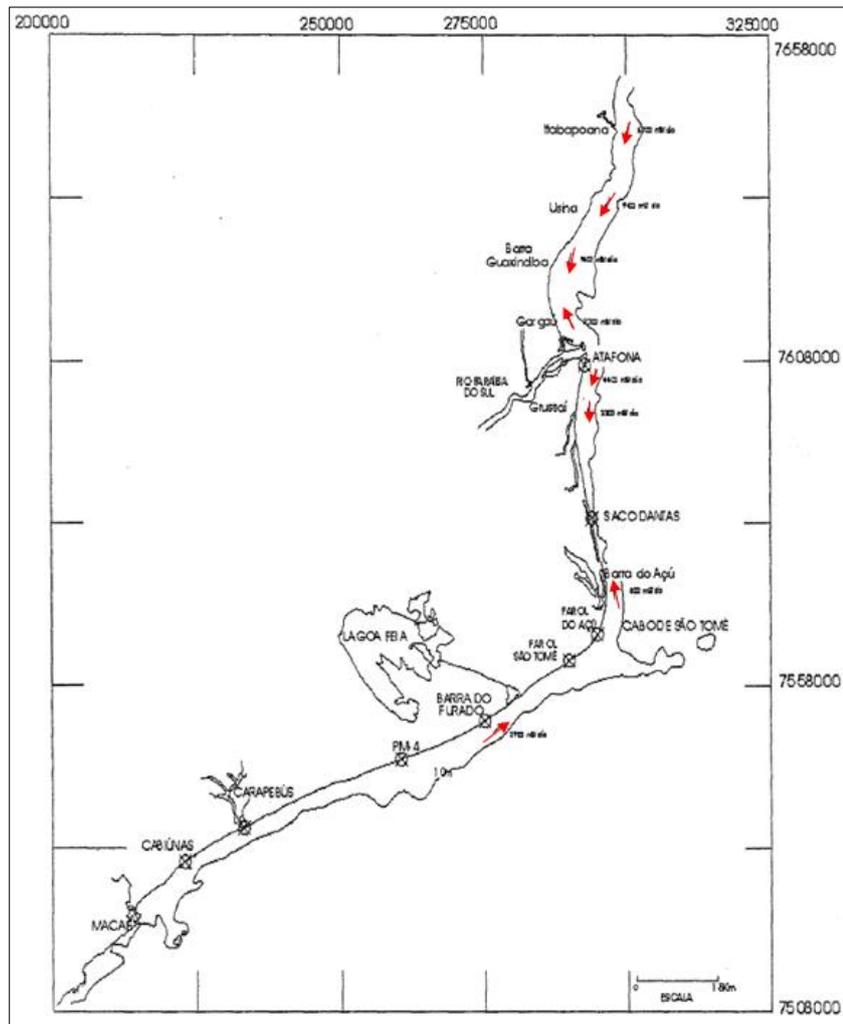


Figura 4. Mapa indicando o sentido do transporte litorâneo proposto por Cassar e Neves (1993). Os sentidos dos fluxos predominantes sugerem uma convergência nos fluxos de deriva que pode colaborar para o balanço sedimentar positivo em Grussaí e a consequente progradação da linha de costa. **Fonte:** Adaptado de Bastos e Silva (2000).

Corroborando com o indicado por Cassar e Neves (1993), Machado (2009) verificou que no trecho entre Cabiúnas e a Barra do Furado a deriva litorânea ocorre predominantemente na direção norte-sul, e a partir de Barra do Furado este sentido se inverte em um pequeno trecho (**Figura 12**).

Através da utilização de modelagem numérica para propagação de ondas, foi possível reinterpretar a assimetria dos deltas dominados por ondas como consequência do ângulo de incidência das ondas em relação a frente deltaica. De forma que ondas antidifusivas – quando o clima de ondas é assimétrico e possui um elevado grau de obliquidade em relação a costa – estão associadas a criação de feições como pontais arenosos, barras submarinas e lagoas costeiras em um dos flancos do

delta (ASHTON e MURRAY, 2005; ASHTON e GIOSAN, 2011; VASCONCELOS, 2016; ROCHA *et al.* 2022).

Vasconcelos (2016) realizou o mapeamento da dinâmica de pontais arenosos e do sistema de barreiras-lagunas na região de Gargaú – flanco norte do delta do rio Paraíba do Sul – e propôs um modelo de evolução morfodinâmica das barreiras arenosas responsáveis pela progradação da planície costeira ao norte da foz. O autor propõe que barras submarinas localizadas a frente da desembocadura da foz do rio culminam na a emersão de uma barreira arenosa na forma de *spit* e consequente na incorporação dela à planície devido a associação de processos de transposição associados a deriva litorânea, gerando a progradação do sistema deltaico.

Segundo estudos que possuíam o objetivo de compreender os processos evolutivos da região da foz do rio Paraíba do Sul, é consenso entre a maior parte dos autores que o “desenvolvimento da planície deltaica está associada à padrões típicos de costas em progradação, com feições de barreiras arenosas regressivas, desenvolvida nos últimos 5.000 anos. (FERNANDEZ *et al.*, 2008, p. 01)”. Respalda a afirmação supracitada, Rocha *et al.* (2013) ressalta que as barreiras arenosas presentes no delta do Rio Paraíba do Sul possuem características de barreiras progradantes e possuem como principal característica a migração da feição arenosa em direção ao mar.

Na região da praia de Grussaí, ao sul de Atafona, as barreiras arenosas se apresentam com distâncias menores entre as cristas quando comparadas com a porção norte do delta, sendo estas ao sul formadas por uma sequência de incorporação de bermas, que de forma subsequente são suavemente capeadas por sedimentos eólicos (ROCHA *et al.* 2013; VASCONCELOS e FERNANDEZ, 2011). Uma das características marcantes da região é a longa distância que deve ser percorrida para a chegada ao mar, visto a extensa planície costeira progradante que vem sendo construída pela incorporação de bermas.

2 Caracterização da Área de Estudo

2.1. Localização

A área de estudo da presente pesquisa compreende as praias de Atafona e Grussaí, localizada no litoral norte do estado do Rio de Janeiro (**Figura 5**). Esse trecho da linha de costa está inserido na planície sul do delta atual do rio Paraíba do Sul, no município de São João da Barra, RJ.

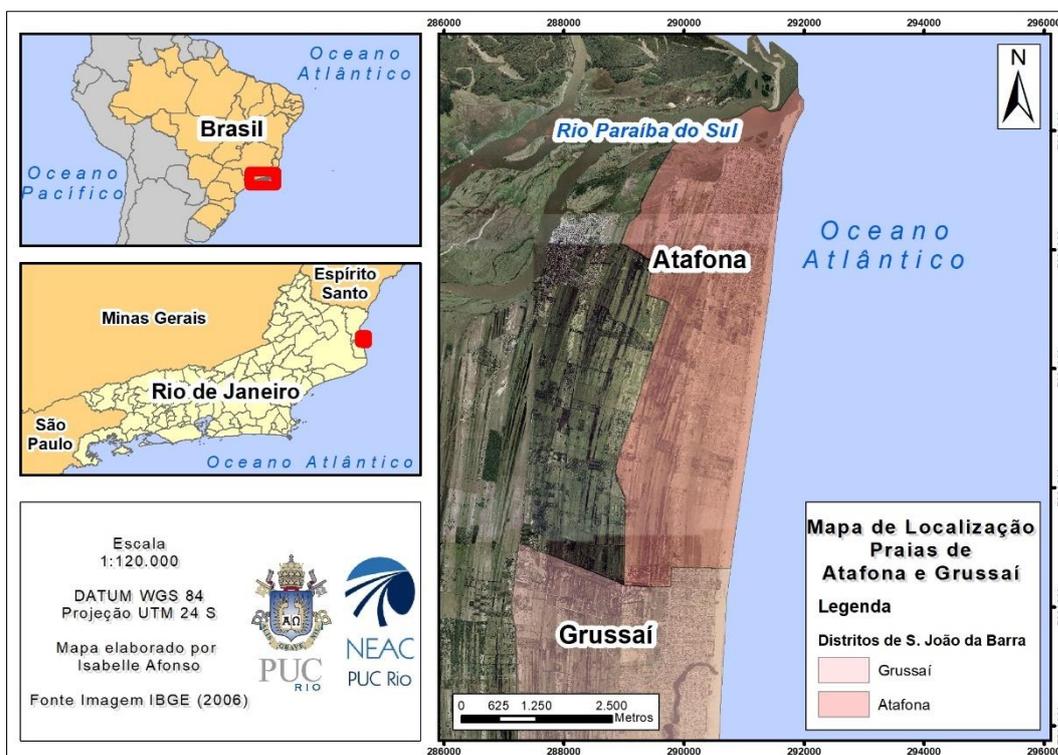


Figura 5. Mapa de localização da área de estudo. Litoral entre as praias de Atafona e Grussaí, litoral Norte Fluminense.

2.2. Contexto geológico/geomorfológico (evolução geológica)

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (CDRPS) é uma das grandes províncias geomorfológicas que se destacam no litoral fluminense (**Figura 6**). Sua formação ocorreu durante o Quaternário e teve sua evolução geológica associada a processos tipicamente fluviais e marinhos. Possui como característica marcante uma

sucessão de ambientes sedimentares, que registram as diferentes condições de nível do mar durante o seu desenvolvimento. A região tem sido tradicionalmente objeto de pesquisas científicas nas últimas décadas (LAMEGO, 1955; DOMINGUEZ *et al.*, 1981; SUGUIO *et al.*, 1985; BASTOS e SILVA 2000, ARGENTO e COSTA, 2005; MUEHE *et al.*, 2006, VASCONCELOS, 2010, ROCHA, 2013, entre outros).

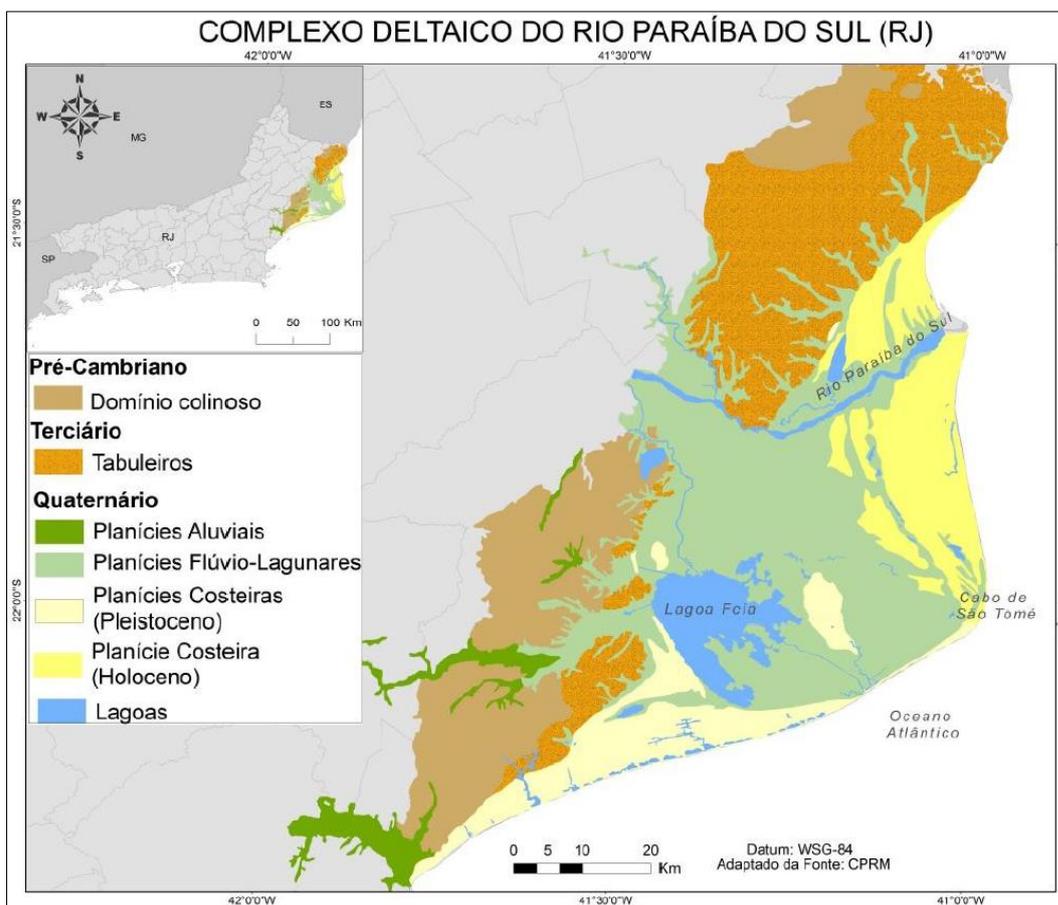


Figura 6. Principais províncias geológicas/geomorfológicas do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. **Fonte:** Rocha (2013).

O CDRPS compreende o trecho entre os litorais de Macaé e de São Francisco do Itabapoana, sendo limitado no interior do continente pelas colinas do embasamento cristalino ou pelos sedimentos do Grupo Barreiras, fazendo parte da porção emersa da Bacia Sedimentar de Campos (ROCHA, 2013).

A região do complexo deltaico é um conjunto de ambientes sedimentares intrinsecamente relacionados a formação e evolução do delta do rio Paraíba do Sul, podendo ser dividido em dois diferentes eixos, sendo estes a porção ao sul do cabo de São Tomé (compreendendo a Lagoa Feia e os sistemas de cristas de praias no litoral de Carapebús a Quissamã) e a porção ao norte do cabo de São Tomé, abrangendo o

atual delta do rio Paraíba do Sul. (DIAS, 1981 *apud* ROCHA, 2013). O CDRPS possui uma série de importantes províncias geomorfológicas (**Figura 6**), sendo essas: (a) o trecho meridional, limitado no interior a sudoeste pelo domínio suave colinoso, é comum a presença de drenagens continentais caracterizadas como planícies aluviais; (b) os tabuleiros do Grupo Barreiras nas imediações da cidade de Macaé, estes se desenvolvem em direção ao norte, aparecendo por diversas vezes ao longo do litoral brasileiro; (c) a região central é caracterizada pela presença de planícies fluviolagunares, destaca-se a presença da Lagoa Feia e de uma série de paleocanais e áreas alagadiças, a sedimentação fluvial apresenta-se sobreposta a sedimentos de origem lagunar e marinha; (d) o trecho setentrional é limitado ao norte pelos tabuleiros do Grupo Barreiras e é marcado por uma extensa planície costeira progradante em forma de cúspide, que se desenvolve em ambas as margens do canal fluvial. No entanto, essas planícies diferem quanto a suas características geomorfológicas, reflexo de uma dinâmica de progradação diferente nos dois lados da desembocadura (VASCONCELOS, 2016).

A plataforma continental interna ao longo do litoral, entre Cabo de São Tomé e a foz atual do Rio Paraíba do Sul, é caracterizada por uma morfologia relativamente plana com baixo gradiente em tomo de 1:2.200 (BASTOS e SILVA, 2000), formando um litoral retilíneo, com o interior composto por uma longa planície costeira constituída de sucessivas cristas arenosas e cavas alongadas de direção geral NE-SW indicando posições pretéritas da linha de costa. (ARGENTO e COSTA 2005; SANTOS, 2006; ROCHA, 2013; VASCONCELOS, 2016). Nesta porção, a feição mais marcante segundo Bastos e Silva (2000) é o registro de um paleocanal, denominado Canal de Grussaí.

2.2.1. Modelos Evolutivos do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul

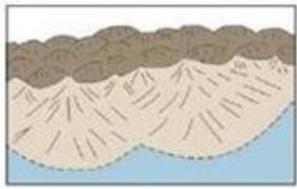
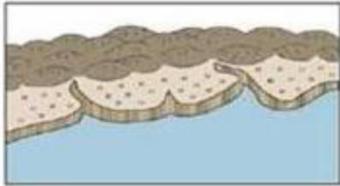
Devido à complexidade do sistema deltaico, a evolução geológica e geomorfológica da região foi alvo de diversos estudos ao longo dos anos e inúmeros trabalhos foram apresentados a comunidade científica nesse período. Dentre estes estudos, os trabalhos clássicos de Lamego (1940, 1944, 1945, 1946 e 1955) se destacam por apresentar de forma pioneira uma caracterização fisiográfica da região. Lamego (1955), por exemplo, reconheceu diferentes fases de deltação do rio Paraíba do Sul,

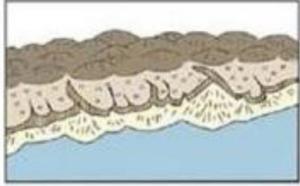
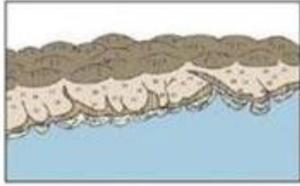
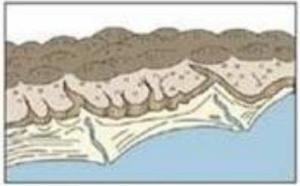
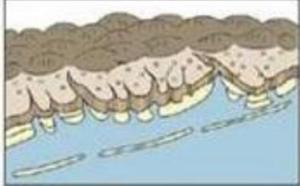
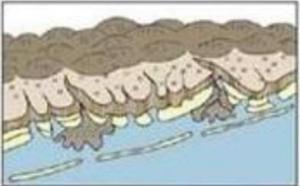
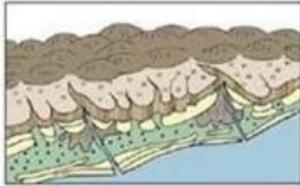
como delta do tipo Mississipi, delta do tipo Ródano, delta do tipo Paraíba e delta de maré da Lagoa Feia.

Para este autor, o rio Paraíba do Sul desembocaria em uma grande baía de águas rasas, em mar aberto, que confinava com a zona cristalina. Em seguida, teria ocorrido um avanço mar adentro na direção sudeste, lançando sedimentos de um lado e de outro. O rio construiu seu próprio leito dentro dessa baía, até atingir o que seria a futura linha de costa, num ponto situado entre os atuais Cabo de São Tomé e Barra do Furado, onde desembocaria por um delta com morfologia semelhante ao Mississipi na costa leste dos Estados Unidos, considerado como um delta do tipo “pé de pássaro” (LAMEGO, 1955 *apud* VASCONCELOS 2016).

Dominguez *et al.* (1981) propõem um esquema evolutivo da sedimentação quaternária que contempla as feições deltaicas dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul. Para tanto, os autores reconheceram oito estágios principais do desenvolvimento das feições deltaicas dos rios supracitados, quais estão explicitadas no **Quadro 1**. Destaca-se que este modelo é aplicável para a costa brasileira desde Macaé (RJ) até o Rio Grande do Norte, utilizando como referência a presença dos tabuleiros Terciários do Grupo Barreiras e as planícies costeiras quaternárias, bem como as variações do nível do mar neste período (DOMINGUEZ *et al.*, 1981; VASCONCELOS, 2016).

Quadro 1. Modelo geral de evolução geológica das planícies da costa central brasileira durante o Quaternário, válido para o trecho entre Macaé (RJ) até o Rio Grande do Norte.

Fase de Evolução	Características paleogeográficas e paleoclimáticas	Idade	Esquema evolutivo
Primeira Fase	Deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, sob um clima semiárido, com chuvas esporádicas e nível do mar abaixo do atual, com formação de amplas faixas de leques aluviais.	Plioceno	
Segunda Fase	Deposição dos sedimentos da Formação Barreiras foi interrompida, sendo a sua porção externa erodida durante uma subida relativa do nível do mar, com formação de uma linha de falésias, com o clima passando de semiárido para mais úmido.	Pleistoceno	

Fase de Evolução	Características paleogeográficas e paleoclimáticas	Idade	Esquema evolutivo
Terceira Fase	Instalação de uma fase regressiva, sob novas condições climáticas semiáridas, principalmente na Bahia, Sergipe e Alagoas, levando a formação de novos depósitos de leque aluviais.	Pleistoceno	
Quarta Fase	Máximo da penúltima transgressão marinha, erodindo total ou parcialmente os depósitos continentais da fase anterior. Afogamento dos vales fluviais, dando origem a estuários e lagunas.	123.000 anos A.P.	
Quinta Fase	Fase de regressão, com a construção dos terraços arenosos pleistocênicos, formados por cristas praias progradantes.	Última glacial (?)	
Sexta Fase	Máximo da última transgressão marinha, erodindo os terraços marinhos pleistocênicos, com formação de lagunas e ilhas barreira.	7.000 a 5.100 anos A.P.	
Sétima Fase	Lagunas da fase anterior foram assoreadas pelo desenvolvimento de deltas intralagunares. Concomitantemente, a laguna foi assumindo um caráter de lago de água doce, podendo formar depósitos de turfas e áreas pantanosas.	5.100 anos A.P.	
Oitava Fase	Formação de terraços marinhos holocênicos a partir das ilhas barreira e transformação das lagunas em lagos e lagoas.	>5.100 anos A.P.	

Fonte: Tomaz (2005) modificado de Dominguez *et al.* (1981).

A primeira fase corresponde a um período de deposição da Formação Barreiras durante o Plioceno (1 a 12 milhões de anos atrás), característico de clima semiárido sujeito a chuvas esporádicas e torrenciais. Nessa fase teria ocorrido a sedimentação do Grupo Barreiras, na qual o nível do mar se encontrava abaixo do atual, o que propiciou que os sedimentos desta formação cobrissem completamente parte da plataforma continental.

Na segunda fase, a deposição da Formação Barreiras foi interrompida devido a mudança na umidade do clima, mudança qual ocorre concomitantemente com o início de um episódio transgressivo do mar. O avanço do nível do mar ocasionou a erosão da parte externa da Grupo Barreiras, sendo este o limite máximo atingido pelo mar, constituindo uma linha de falésias esculpidas na formação. Em muitos locais, essas falésias foram erodidas durante a penúltima e última grande transgressão.

A terceira fase compreende o período após o máximo alcançado pela regressão mais antiga e a regressão do mar que a sucedeu acompanhada de uma nova mudança climática que tornou o clima semiárido novamente. Ocasionalmente na formação de novos depósitos continentais do tipo leque aluviais que se acomodavam no sopé das falésias, formando assim a planície costeira pleistocênica, que avançava mar adentro.

A quarta e quinta fase, correspondente ao período final da última transgressão (cerca de 120.000 anos B.P.), nesse período o mar erodiu, total ou parcialmente, os depósitos continentais formados durante a fase três. Decorrente da erosão, houve o afogamento da porção externa Grupo Barreiras, formando-se estuários. Associada ao afogamento da planície costeira pleistocênica houve a formação de uma ilha barreira que isolou de um contato direto com o mar o que restou dos terraços marinhos pleistocênicos. Surgem lagunas atrás do cordão de ilhas-barreiras.

A sexta e sétima fase, de acordo com os autores supracitados, correspondem ao evento regressivo que sucedeu a transgressão anterior. Nesse período foram construídos os terraços marinhos pleistocênicos, que formaram planícies costeiras semelhantes as atuais.

A oitava fase entende-se pela formação das cristas de praia holocênicas, a partir de aproximadamente 5.100 anos. A regressão marinha foi acompanhada pela transferência de material da plataforma continental para a praia e essas areias foram re-trabalhadas pelas correntes de deriva litorânea tendo contribuído na construção dos terraços arenosos holocênicos.

Martin *et al.* (1997 *apud* VASCONCELOS 2016; ROCHA, 2013), por sua vez, propuseram um modelo mais específico para a evolução holocênica da respectiva planície, que se caracterizaria pela alternância entre fases construtivas e destrutivas

(**Figura 7**), e retomando, portanto, a ideia de evolução por meio de uma morfologia deltaica do tipo “pé de pássaro”, como proposto inicialmente por Lamego (1955).

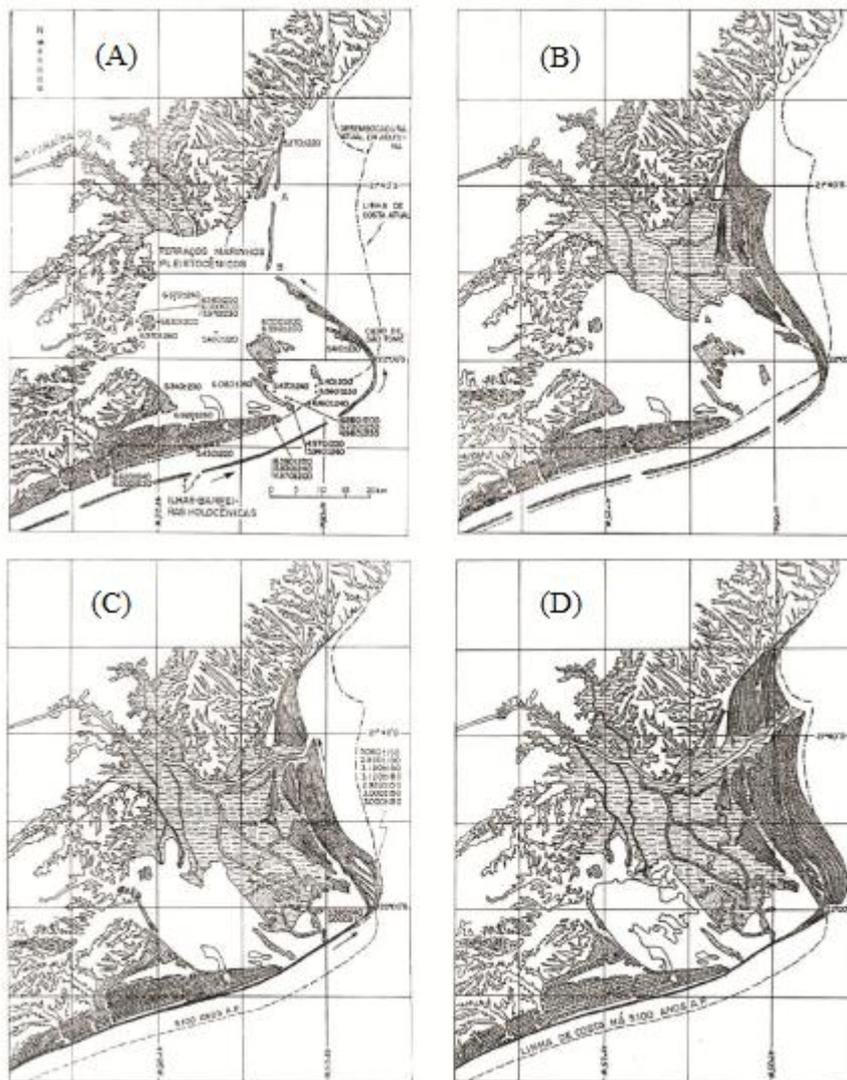


Figura 7. Esquema evolutivo para a planície do rio Paraíba do Sul proposta por MARTIN *et al.* (1997).

Na primeira fase (**Figura 7 A**), entre 7.000 anos e 5.100 A.P., teria se instalado na planície costeira do rio Paraíba do Sul sistemas barreira-lagunas. No momento do máximo transgressivo essas feições formavam uma grande reentrância ao norte do Cabo de São Tomé, com formação de delta intralagunar. Na segunda fase (**Figura 7 B**), o período entre 5.100 e 4.200 anos A.P. foi caracterizado pela saída de um distributário do rio Paraíba do Sul ao oceano e deslocamento da desembocadura para o norte. Fases construtivas e erosivas alternadas geraram significativos truncamentos nos alinhamentos das cristas de praia. A terceira fase (**Figura 7 C**) entre 3.600 e 2.800 anos A.P., teria ocorrido a formação de lagunas ao norte da região do

Cabo de São Tomé, devido ao deslocamento das ilhas-barreira, associados a oscilações secundárias do nível do mar. Na quarta e última fase (**Figura 7 D**) ocorreu um intenso retrabalhamento dos últimos depósitos, com erosão local e sedimentação em outra parte, no período de 2.800 anos até hoje (ROCHA, 2013; VASCONCELOS, 2016).

2.3. Clima

A região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é caracterizada por um clima subtropical quente, com temperatura média anual entre 18°C e 24°C. Apresenta uma estação chuvosa no verão (com precipitação acumulada entre 200 e 250 mm/mês) e uma estação seca no inverno (com precipitação acumulada inferior a 50 mm/mês). As máximas de precipitações ocorrem nas cabeceiras mineiras da bacia e nos pontos mais altos da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, chegando a valores de 2.250 mm/ano. (MARENGO e ALVES, 2005)

2.4. Aspectos Hidrológicos

O rio Paraíba do Sul, é um dos mais importantes rios fluminenses, possuindo 1.137 km de extensão, desde sua nascente na Serra da Bocaina até o oceano. A sua bacia hidrográfica compõe a maior bacia do estado do Rio de Janeiro, possuindo uma área de 57.000 km² correspondendo a cerca de 0,7% da área do país e 6% da superfície da região Sudeste (SEMADS, 2001) (**Figura 8**).

A bacia é limitada, ao norte, pelas Serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo, que a separam da Bacia do Paraná, (Bacias de seus tributários Tietê e Grande) e, a partir dos contrafortes norte-orientais daquela primeira Serra, pelas Bacias do Rio Doce e do Itabapoana, ambas também integrantes da Bacia do Leste Brasileiro. Ao sul, é limitada pela Serra dos Órgãos e os trechos paulista e fluminense da Serra do Mar, que a separam das pequenas bacias independentes dos litorais fluminense e paulista, a leste. A oeste, limitam-na áreas de altitudes pouco significativas nos arredores de Moji das Cruzes, que separam a zona das cabeceiras da Bacia do Rio Tietê (SEMADS, 2001).

Os principais usos das águas da bacia são consuntivos (como, abastecimento de cidades, abastecimento de populações humanas do meio rural, consumo animal, irrigação consumo industrial, consumo agroindustrial e aquicultura) e para usos não consuntivos (como, manutenção de biodiversidade fluvial, pesca, controle de

cheias; geração hidrelétrica, navegação, recreação, lazer e turismo). Uma das funções mais relevantes da bacia é o bombeamento realizado para Barra do Pirai, onde 2/3 da vazão média do rio é captada para aumentar a capacidade produtiva da LIGHT (SEMADS, 2001).

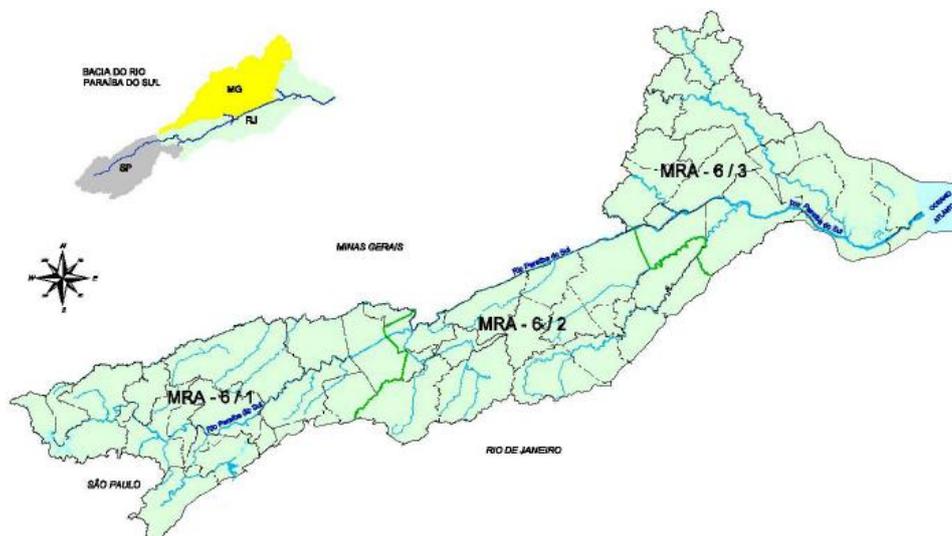


Figura 8. Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. **Fonte:** SEMADS, 2001.

2.5. Padrão de Ventos

O padrão de ventos, foi caracterizado por Santos (2006) através de medições de direção e intensidades obtidas pela estação meteorológica da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), na localidade de Farol de São Tomé para o período de 1964 a 2001 (**Figura 9**). A partir desses registros históricos, pode-se dizer que os ventos mais frequentes são dos quadrantes N-NE, que possuem velocidades médias em torno de 25 km/h. Embora os ventos deste quadrante sejam dominantes, ventos de S-SE relacionados a chegada de frentes frias e de SW (de forma menos expressiva) acabam influenciando a região entre o outono e o inverno (SANTOS, 2006; VASCONCELOS, 2016)

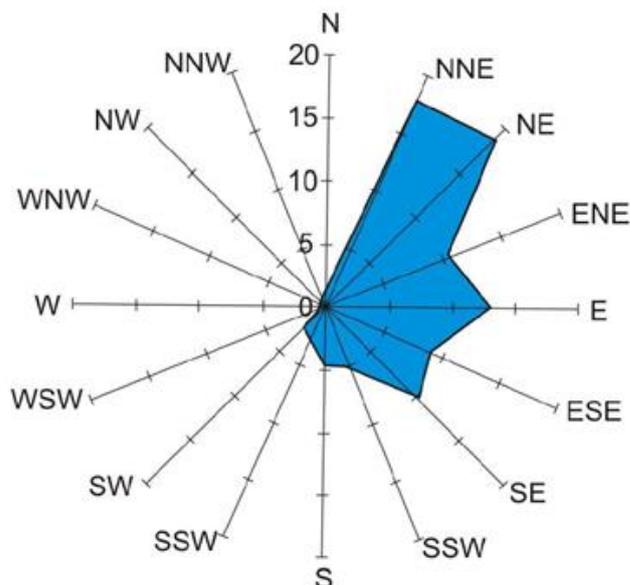


Figura 9. Rosa dos ventos para os litorais de Atafona e Grussaí. **Fonte:** Souza (1988) *apud* Bastos (1997).

2.6. Ondas

A frequência da direção de incidência de ondas na região está intrinsecamente relacionada aos ventos locais dos quadrantes NE e E, podendo ocorrer ainda ondas provenientes dos quadrantes SE, S, SW (associadas, como à ocorrência de frentes frias). A altura média das ondas na arrebentação é compreendida entre 1,6 e 2,0 metros, ondas com alturas superiores a 3,0 metros são mais frequentemente oriundas dos quadrantes S e SW. Contudo, embora se observe a ocorrência de uma maior frequência das ondas de NE e E, quando comparada à distribuição de energia das ondas por direção de incidência e por mês, Bastos e Silva (2000) observaram que as ondas de SSE, S e SSW embora pouco frequentes, são as que concentram maior energia.

Resultados apresentados por Machado (2009), corroboram com o sugerido por Bastos e Silva (2000). A partir de resultados obtidos com um modelo WAM para um ponto da Bacia de Campos, demonstra que as ondas apresentaram direção de propagação de pico entre NE e SE, com uma altura significativa de 1 metro, possuindo um período de onda entre 6 e 8 segundos para o quadrante NE e de 8 a 10 para o quadrante de SE (**Figura 10**).

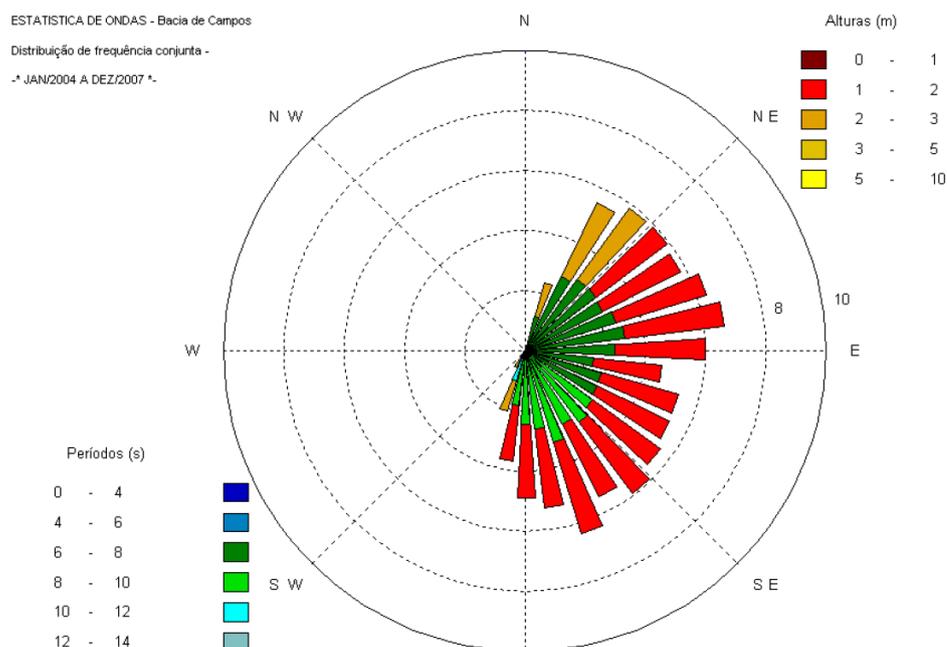


Figura 10. Histograma direcional de ondas para a Boia Virtual de Campos do modelo WAM, no período entre 2004 e 2007 (Machado, 2009).

2.7. Maré

A partir de informações da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) a variação da maré alcança 1,3 m na preamar de sizígia e 0,3 m na baixamar, configurando um padrão de micromaré. Os dados também mostram uma maré semi-diurna com desigualdade diurna.

2.8. Transporte Litorâneo

A partir da metodologia de rosas de transporte litorâneo utilizada por Cassar e Neves (1993, *apud* Bastos e Silva, 2000) e Cassar e Neves (1993 *apud* Muehe *et al.* 2006), propõe a quantificação do transporte litorâneo sedimentar para o litoral norte fluminense (**Figura 4**). O transporte sedimentar ao longo da costa, na região de Atafona e Grussaí, se dá preferencialmente em direção sul, onde ocorre um transporte residual da ordem de 3.000 m³/dia aproximadamente. Em contrapartida, o transporte ao longo do litoral entre Barra do Furado e Cabo de São Tomé, é preferencialmente em direção norte, quando ocorre uma redução até inversão do transporte em direção à Barra do Açu, passando a 500 m³/dia de transporte residual (**Tabela 1**) (BASTOS e SILVA, 2000).

Tabela 1. Estimativa de transporte litorâneo, segundo Cassar e Neves (1993).

Localidade	Taxa Anual m ³ /dia	mar-abr- mai m ³ /dia	jun-jul-ago m ³ /dia	set-out-nov m ³ /dia	dez-jan-fev m ³ /dia
Gargaú	-3.000	-2.600	-1.300	-8.400	+100
Atafona	+4.400	+2.900	+4.200	+5.600	+5.500
Grussaí	+3.300	+1.900	+3.300	+3.800	+4.400
Barra do Açu	-500	-1.200	nulo	-1.400	+400
Barra do Furado	-2.900	-4.400	-6.000	+1.300	+400

Fonte: Adaptado de Muehe *et al.* (2006).

Corroborando com o indicado por Cassar e Neves (1993), Machado (2009) verificou que no trecho entre Cabiúnas e a Barra do Furado a deriva litorânea ocorre predominantemente na direção norte–sul, e a partir de Barra do Furado este sentido se inverte em um pequeno trecho. Entre Barra do Furado e a extensão do flanco sul do delta do Paraíba do Sul até o Cabo de São Tomé e mais ao norte do flanco norte do Paraíba do Sul os valores estimados de transporte residual são da ordem de 500 m³/s, no sentido norte–sul. Nas localidades a norte da Barra do Furado, a sul do Cabo de São Tomé e no flanco norte do delta do Paraíba do Sul os valores estimados de transporte longitudinal variam entre aproximadamente 1.000 m³/s e quase zero na direção sul–norte (**Figura 11**).

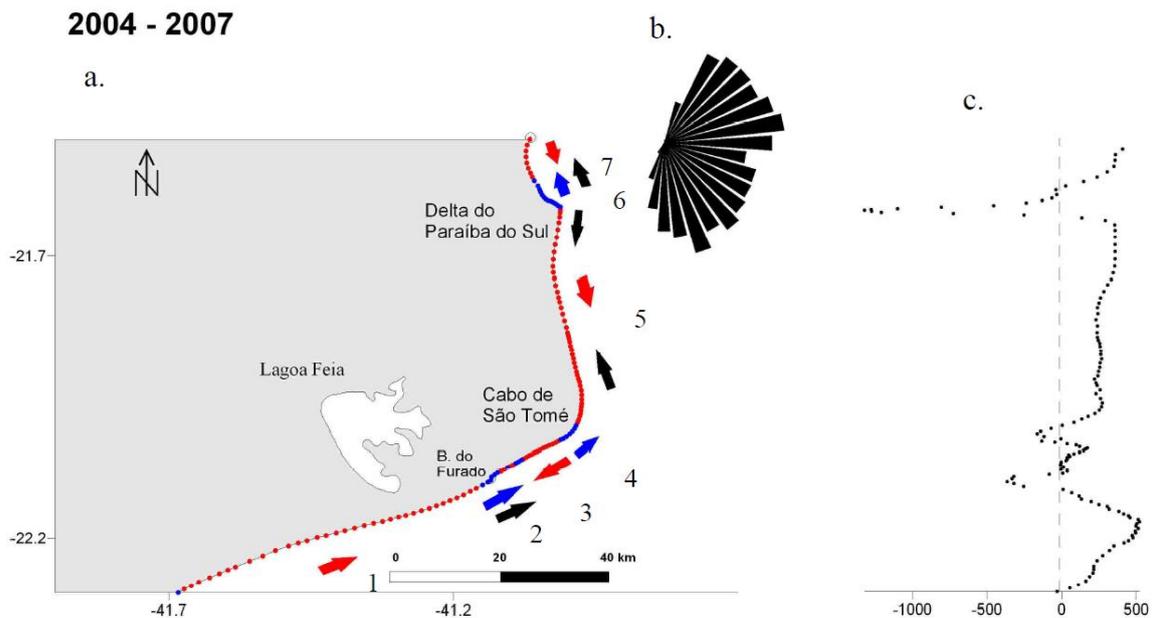


Figura 11. Transporte residual potencial entre Cabiúnas e o flanco norte do rio Paraíba do Sul, para o período entre 2004–2007. O item A. ilustra a ocorrência do transporte residual potencial ao longo da linha de costa da região, os pontos azuis indicam transporte sentido sul–norte, e os vermelhos sentido norte–sul. O item B corresponde a rosa de ondas para o período de 2004 a 2007. O item C compreende o gráfico de transporte residual potencial (m^3/s). Os valores negativos indicam transporte sentido sul–norte, e os positivos de norte–sul. **Fonte:** Machado (2009).

Os dados de transporte litorâneo divulgados por Machado (2009) favorecem a classificação da feição sedimentar do rio Paraíba do Sul como um clássico delta, uma vez que os sedimentos seriam majoritariamente provenientes do rio. Segundo a autora, a divergência do sentido do transporte litorâneo localizada na foz indica que os sedimentos do rio são transportados tanto para sul quanto para norte, e assim poderiam contribuir para a progradação de ambos os flancos do delta (**Figura 12**).

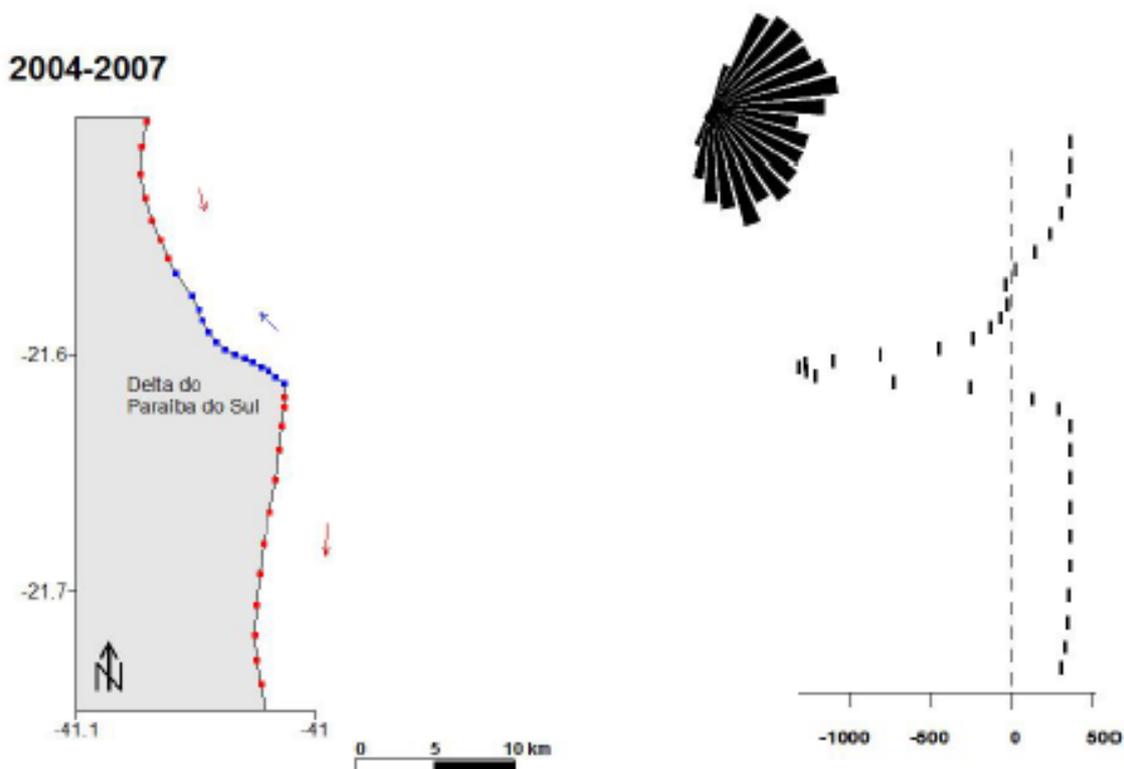


Figura 12. Transporte residual potencial na região do delta do rio Paraíba do Sul, para o período entre 2004–2007. O item A. ilustra a ocorrência do transporte residual potencial ao longo da linha de costa da região, os pontos azuis indicam transporte sentido sul–norte, e os vermelhos sentido norte–sul. O item B corresponde a rosa de ondas para o período de 2004 a 2007. O item C compreende o gráfico de transporte residual potencial (m^3/s). Os valores negativos indicam transporte sentido sul–norte, e os positivos de norte–sul. **Fonte:** Machado (2009).

2.9. Histórico de Erosão Costeira Local

A praia de Atafona, já vem sendo observada a dinâmica de erosão costeira por inúmeros trabalhos anteriores a este, como em Lamego (1950), Dominguez *et al.* (1981), Dominguez *et al.* (1983), Bastos e Silva (2000), Ribeiro *et al.* (2004), Azevedo (2004), Argento e Costa (2005), Fernandez *et al.* (2006), Ribeiro *et al.* (2006), Santos (2006), Almeida *et al.* (2006), Murillo (2008), Rocha *et al.* (2018), Rocha *et al.* (2019), Vasconcelos *et al.* (2021) dentre outros. Segundo esses autores o fenômeno erosivo atualmente em curso ocorre desde a década de 1950.

Contudo, a presença de fenômenos erosivos associados a planície costeira ao sul da foz não é algo novo, tratando-se de um fenômeno recorrente ao longo da evolução desta planície. Almeida *et al.* (2005) identificaram uma série de discordâncias erosivas na planície deltaica do rio Paraíba do Sul, quais foram inicialmente delimitadas através de um mapeamento sobre fotografias aéreas ortoretificadas do ano de 2000, sobre as quais foram caracterizadas as cristas de praia (paleopraias) para a identificação de feixes de cristas arenosas que possuíam mesma orientação,

assim como as linhas de discordância erosiva (trechos que marcam a mudança na orientação desses feixes).

Os autores acreditam que cada um desses momentos de mudança na orientação dos feixes de cristas de praia representaria um momento de erosão, com destruição parcial dos depósitos sedimentares construídos anteriormente, sucedida pela estabilização do processo erosivo e retomada da progradação costeira, seguindo uma nova orientação da linha de costa (**Figura 13**).

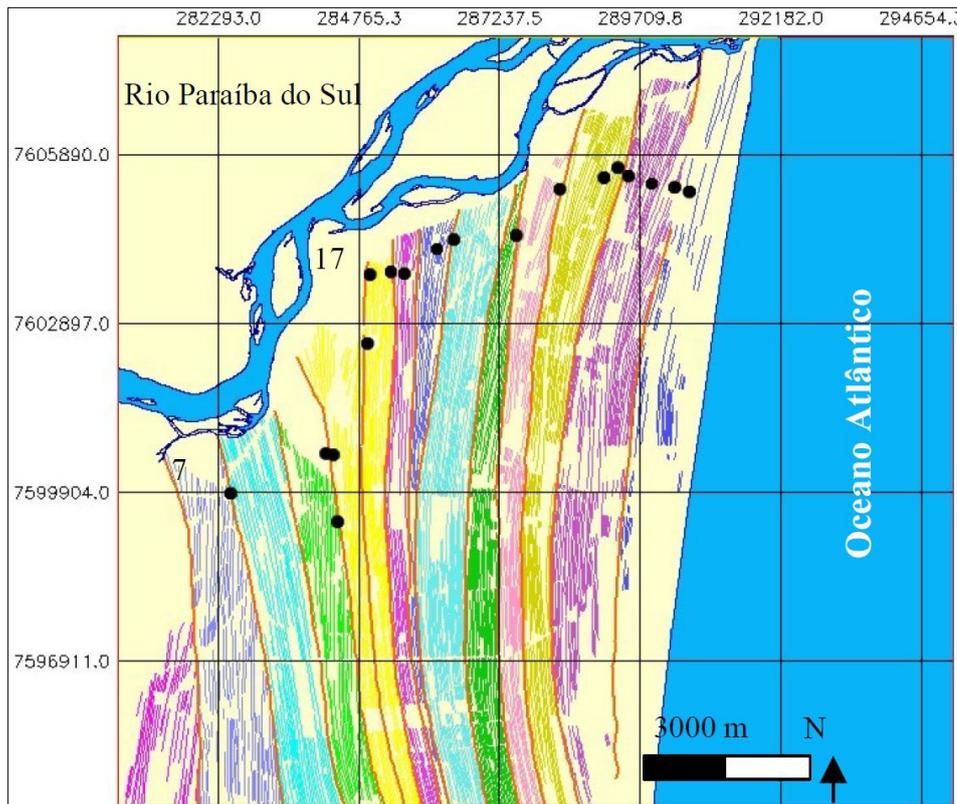


Figura 13. Mapa da planície deltaica a sul do rio Paraíba do Sul. Cada feixe de cristas arenosas está representado com uma cor diferente, as discordâncias erosivas estão representadas pelas linhas vermelhas, totalizando 13 episódios erosivos que ficaram registrados no relevo da planície costeira nos seus 5.100 anos de evolução. **Fonte:** Almeida *et al.* (2005).

De acordo com os estudos apresentados, a dinâmica erosiva na porção sul da planície deltaica do rio Paraíba do Sul está ocorrendo a cerca de 68 anos, contudo, os monitoramentos da dinâmica, iniciados por volta dos anos 2000 a partir do monitoramento utilizando imagens de satélite, cessaram na última década, sendo recentemente atualizados pelo trabalho de Vasconcelos, *et al.* (2021). No entanto, a dinâmica erosiva não se interrompeu neste período e a área litorânea construída pelos sedimentos do rio Paraíba do Sul ao longo do holoceno ainda vem sendo impactada pelo avanço do mar até hoje. Além da alteração sedimentar da praia, toda

a sua infraestrutura urbana vem sendo destruída, bem como residências, estabelecimentos comerciais, e ecossistemas costeiros, como o manguezal da borda sul do delta, entre outros.

Trabalhos publicados por Azevedo (2004), Argento e Costa (2005), Santos (2006), Muehe *et al.* (2006), Mello (2018) entre outros, enumeram as perdas de diversas construções da porção a beira mar do distrito de Atafona por conta do processo erosivo. Argento e Costa (2005) em seu texto ‘Os impactos socioambientais da praia de Atafona – litoral Norte Fluminense’ recapitulam as importantes construções que já foram perdidas pela dinâmica costeira:

Praticamente toda a faixa litorânea de Atafona já foi destruída, inclusive o histórico Farol de Atafona que, em 1976, distava cerca de 200 metros da linha da praia. Vários quarteirões habitacionais também já foram completamente destruídos pela ação invasora do mar. Na confluência do braço, mais à direita da margem do rio com o mar, em menos de 7 anos, foram destruídos: um posto de gasolina, um entreposto de pesca e a praça principal da cidade. A camada social de mais baixa renda da população, isto é, os pescadores, perderam, em sua grande maioria, suas casas e tiveram que mudar de atividade alterando, assim, seu “*modus vivendi*”. Luxuosas residências de uma população com maior poder aquisitivo, localizadas à beira mar, foram inteiramente destruídas, assim como toda a infraestrutura da orla marítima de Atafona. A tentativa de escoramento nas residências, observada ainda hoje, bem demonstra a esperança da população no retorno a uma situação passada de equilíbrio ambiental (ARGENTO e COSTA, 2005 p. 1208).

Avaliando o período de 1975 a 2004, Azevedo (2004) fez um levantamento quantitativo das edificações e moradias destruídas pela erosão costeira, no distrito de Atafona, o estudo encontrou um resultado de 183 unidades destruídas, distribuídas em 14 quadras até o ano de 2003 (**Figura 14**). Inicialmente, a região mais afetada pela erosão costeira foi o Pontal, progredindo nas duas últimas décadas para a região da Avenida Atlântica (beira-mar) e arredores. É importante ressaltar que como o material analisado computou apenas os imóveis cadastrados pela Secretaria de Fazenda, e que muitas das casas de pescadores foram construídas precariamente e provavelmente não foram regularizadas e cadastradas, o número de construções destruídas é muito superior as 183 quantificadas por Azevedo (2004).

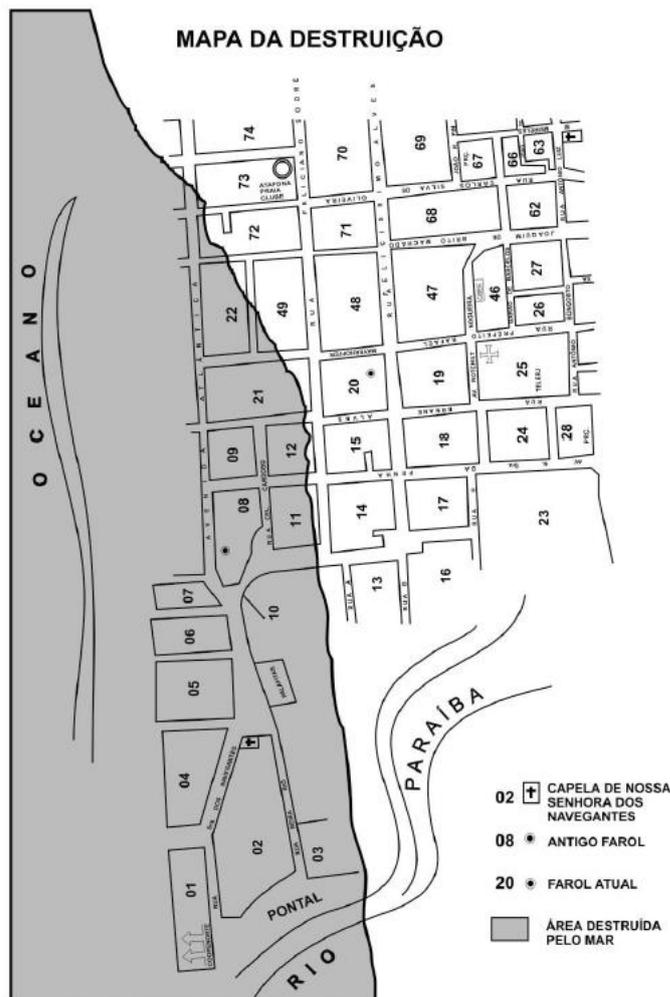


Figura 14. Mapa da destruição elaborado por Azevedo (2004), com o objetivo de mostrar graficamente a erosão no distrito de Atafona entre as o período de 1975 a 2004.

De forma a complementar o trabalho realizado por Azevedo (2004), Mello *et al.* (2018) realizou um novo levantamento quantitativo da mesma região para o período de 2005 até 2016. O levantamento foi feito através do comparativo entre duas imagens de satélite (uma para o ano de 2005 e outra para o ano de 2016). A partir das imagens analisadas, contabilizou-se o total de 40 edificações perdidas e 7 quadras afetadas totalizando uma área erodida de aproximadamente 29 mil m².

Fazendo um comparativo entre as taxas encontradas por Azevedo (2004) e Mello *et al.* (2018), tem-se uma média de 6 casas perdidas por ano ao longo dos 29 anos de monitoramento e de uma média de 4 casas por ano em 11 anos de monitoramento.

A população remanescente do distrito de Atafona vem assistindo gradualmente à destruição de suas praias e habitações (**Figura 15 e 16**), assim como toda a vida social e comercial da localidade, qual já se constituiu no mais importante polo de

lazer da região norte fluminense. Apesar da erosão costeira ser “um fenômeno que se processa lentamente impedindo, assim, a perda de vidas humanas, traz prejuízos incalculáveis em termos econômico-sociais” (ARGENTO e COSTA, 2005, p.1208).



Figura 15. Resultado do processo erosivo em uma casa em Atafona, partes da construção encontram-se espalhados pela areia **Foto:** Vieira de Souza, I. A. (2021).



Figura 16. Escoras aparentes dos remanescentes de uma construção a beira mar. **Foto:** Pinto, R. O. (2018).

3 Procedimentos Metodológicos

A metodologia aplicada neste trabalho possui o propósito de caracterizar e avaliar os processos costeiros na área de estudo, diretamente responsáveis pela evolução da linha costeira. Foi composta essencialmente por três etapas distintas: modelagem da linha de costa; obtenção de linhas de costa pretéritas; reunião de séries históricas de imagens; geoprocessamento e detecção de mudanças do litoral; quantificação de áreas; determinação da taxa de evolução costeira (TEC) e projeção de migração da linha de costa em diferentes intervalos nas próximas três décadas **Figura 17**.

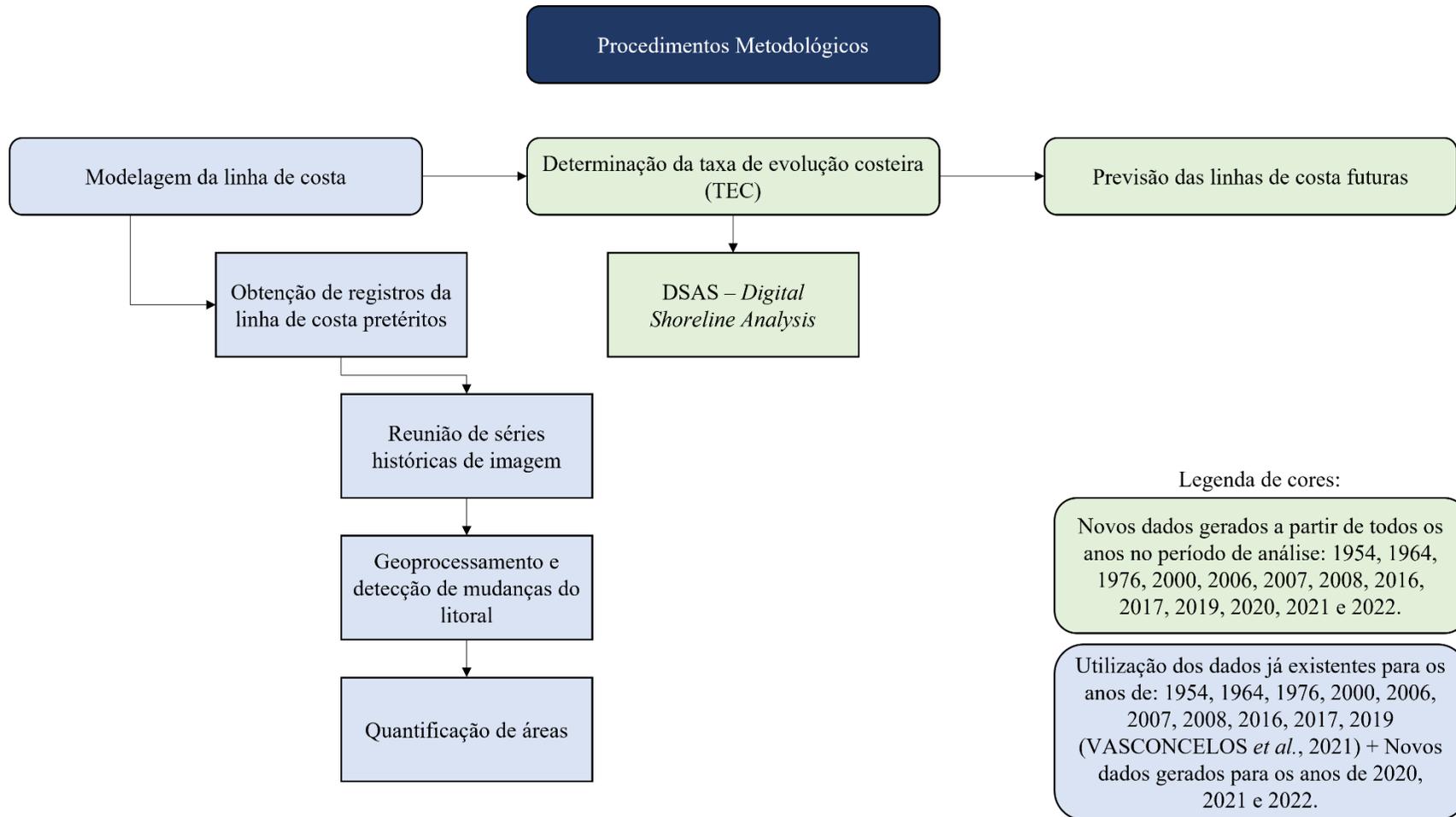


Figura 17. Fluxograma dos procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho.

3.1. Modelagem da Linha de Costa

A metodologia para a modelagem de linha de costa foi baseada na apresentada por Klein *et al.* (2016) com auxílio de *softwares*, para fazer projeções sobre as alterações previstas para a linha de costa entre as praias de Atafona e Grussaí, considerando cenários futuros para os intervalos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos. Essa temporalidade foi definida a partir de estudos de Rocha *et al.* (2019), que através da datação das cristas de praia próximas a truncamentos erosivos no CDRPS, observou que os ciclos erosivos no flanco sul duram cerca de um século. Como o fenômeno erosivo atual tem seus primeiros registros associados a década de 1950, este já se encontra em curso a quase 70 anos, restando cerca de 30 anos para completar um dos ciclos propostos Rocha *et al.* (2019).

3.1.1. Obtenção de registros das linhas de costa pretéritas

3.1.1.1. Reunião de séries históricas de imagens

Para obtenção das linhas de costa pretéritas, se fez necessário reunir uma série histórica de imagens, com o propósito de apresentar um histórico evolutivo da dinâmica costeira, mediante a comparação das posições das linhas de costa para épocas diferentes. Neste trabalho, entende-se por linha de costa a linha formada pelo espraiamento máximo das ondas, também conhecido como o contato entre a zona seca e a zona úmida da praia (BOAK e TURNER, 2005).

Para tanto, foi necessário reunir diferentes imagens de épocas distintas disponíveis para a porção sul do delta do rio Paraíba do Sul. O intervalo temporal estabelecido deve-se ao fato de que a data de 1954 foi o ano da primeira fotografia aérea disponível para a área dos distritos de Atafona e Grussaí. As onze imagens que compõe a série histórica possuem as especificações apresentadas no **Quadro 2**.

Quadro 2. Relação de imagens utilizadas para compor a série histórica.

Data	Órgão	Especificações
1954	Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN)	Três imagens aéreas em escala de 1:30.000;
1964	U. S. Air Force (USAF)	Duas imagens aéreas, em escala de 1:60.000;

Data	Órgão	Especificações
1974	Disponibilizadas pelo IBGE originadas pela Força Aérea Brasileira (FAB)	Duas imagens aéreas em escala de 1:30.000;
1976	Disponibilizadas pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM) originadas pela FAB	Três imagens aéreas em escala de 1:20.000;
2000	Disponibilizado pela antiga Ampla, atual Enel (concessionária de energia que atende grande parte do estado do RJ)	Ortomosaico em escala de 1:30.000
2006	Projeto RJ25 do IBGE	Ortomosaico com escala de 1:30.000 e com resolução de 0,7 metros;
2007	Satélite japonês ALOS, fornecida pelo IBGE e adquirida pelo NEAC PUC-Rio	Uma imagem de satélite, monocromática, com resolução espacial de 2,5m;
2008	Satélite japonês ALOS, fornecida pelo IBGE e adquirida pelo NEAC PUC-Rio	Uma imagem de satélite, monocromática, com resolução espacial de 2,5m;
2016 30.08.2016	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da Digital Globe;	Quatro imagens de satélite
2017 03.05.2017	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da Digital Globe;	Oito imagens de satélite
2019 05.04.2019	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da CNES/Airbus.	Cinco imagens de satélite
2020 27.01.2020	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da Maxar Technologies	Seis imagens de satélite
2021 27.06.2021	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da Maxar Technologies	Seis imagens de satélite

Data	Órgão	Especificações
2022	Disponibilizadas através da plataforma Google Earth Pro, oriundas da Maxar Technologies	Sete imagens de satélite

As fotografias aéreas fazem parte do acervo de imagens costeiras do Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros da PUC-Rio (NEAC), assim como as imagens do satélite ALOS e foram reunidas junto a diferentes órgãos. As demais imagens de satélites foram disponibilizadas gratuitamente de forma online na plataforma Google Earth Pro.

3.1.1.2. Geoprocessamento e detecção de mudanças do litoral

O uso do geoprocessamento apresenta-se como uma ferramenta de extrema importância para realização de análises espaciais, visto que complementam a aquisição de dados em campo e possibilitam uma análise mais ampla do objeto de estudo, tanto em escala regional quanto em escala local.

O *software* utilizado foi o ArcGIS versão 10.5, através do qual as imagens foram georreferenciadas por pontos notáveis, tendo como imagem de referência o ortomosaico de 2006 do IBGE, visto que esta imagem já estava georreferenciada pelo respectivo órgão, além de possuir boa resolução (**Figura 18**).

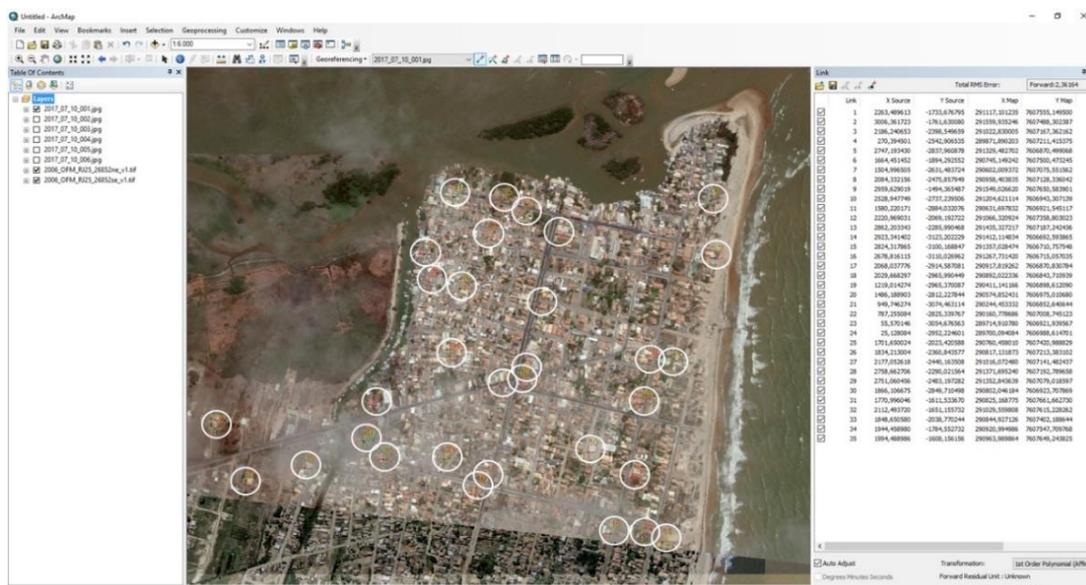


Figura 18. Exemplo de etapa de georreferenciamento da primeira imagem de 07.10.2017 sobre as imagens de 2006, onde os círculos brancos colocam em destaque os pontos de link entre ambas, o georreferenciamento foi feito no *software* ArcGIS versão 10.05.

Após a etapa de georreferenciamento, as imagens foram reunidas em um mosaico, formando assim uma única imagem para cada data/época analisada. Após o mosaico ser processado, as linhas de costa foram vetorizadas, como ilustrado pela **Figura 19**.

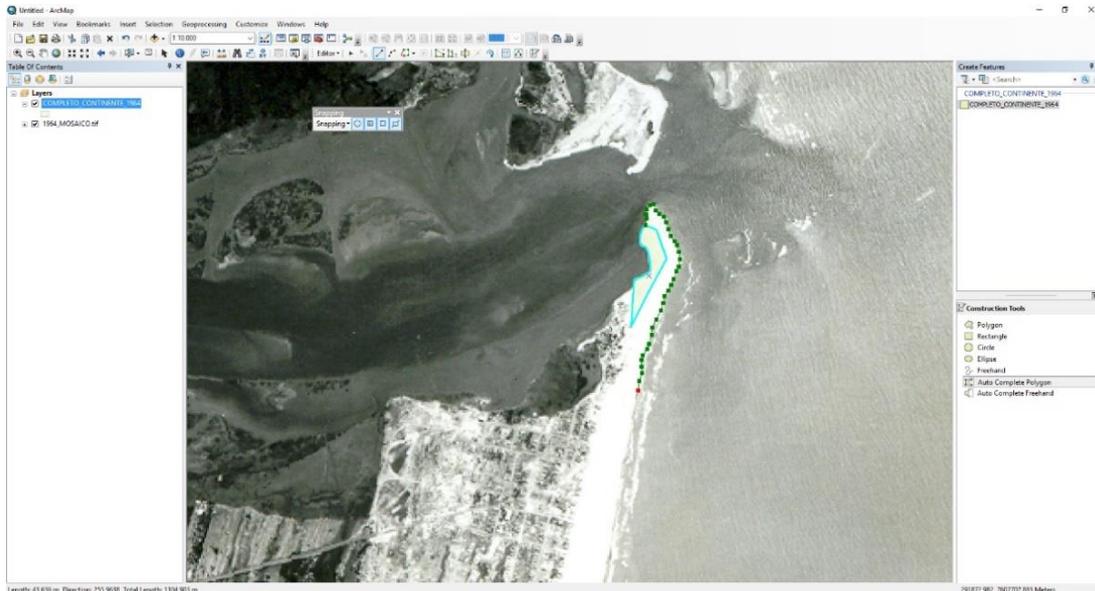


Figura 19. Exemplo da etapa de vetorização da linha de costa da imagem sobre a fotografia aérea do ano de 1964 utilizando o *software* ArcGIS versão 10.05.

As linhas de costa geradas (vetores no formato linha) foram comparadas entre si por meio de sobreposição das mesmas, por exemplo: as linhas dos anos de 1954 e 1964, 1964 e 1974 e assim por diante para todas as datas épocas disponíveis, além dos extremos (1954 e 2022) para a observação do comportamento ao longo de todo o intervalo temporal analisado.

Quando sobrepostas, as linhas permitem a demarcação dos polígonos gerados entre elas, podendo assim identificar o processo em curso ao longo do período analisado. Percebe-se o processo de erosão caso a linha de costa de idade mais recente apareça mais para o interior do continente do que a linha de costa de idade mais antiga, e de progradação, caso a linha de costa mais recente apareça mais avançada em direção ao oceano do que a mais antiga). Além disso, é possível também identificar trechos do litoral onde ocorreu estabilidade no período comparado (**Figura 20**).

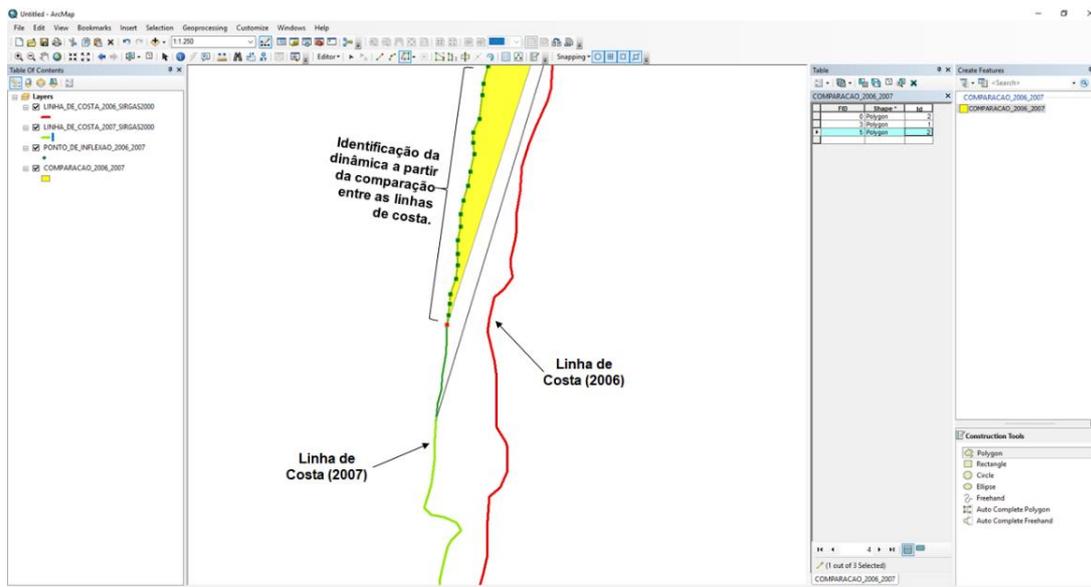


Figura 20. Exemplo da etapa de identificação da dinâmica costeira, através da comparação entre linhas de costas de anos distintos, utilizando o *software* ArcGIS 10.05. A comparação das linhas no exemplo acima indica a ocorrência do fenômeno erosivo visto que a linha de costa de idade mais recente (2007) se encontra posicionada mais para o interior do continente do que a posição da linha de costa em 2006, caracterizando um processo de retrogradação da linha de costa.

3.1.1.3. Quantificação de áreas

Para quantificar a taxa média de erosão e progradação de forma mais detalhada, após a conclusão dos mapas comparativos, foi traçada uma reta vertical ao longo de toda a extensão do litoral em estudo, definindo-se seu eixo a partir da interseção no ponto de inflexão da dinâmica erosiva-progradante. Desta maneira, tornou-se possível estabelecer, a partir desta linha base (de aproximadamente 10 quilômetros de extensão), 213 linhas transversais a linha de costa, que equidistam horizontalmente 50 metros entre si, para que se tornasse possível avaliar o comportamento dos processos ao longo de diferentes pontos fixos no litoral (**Figura 21**).

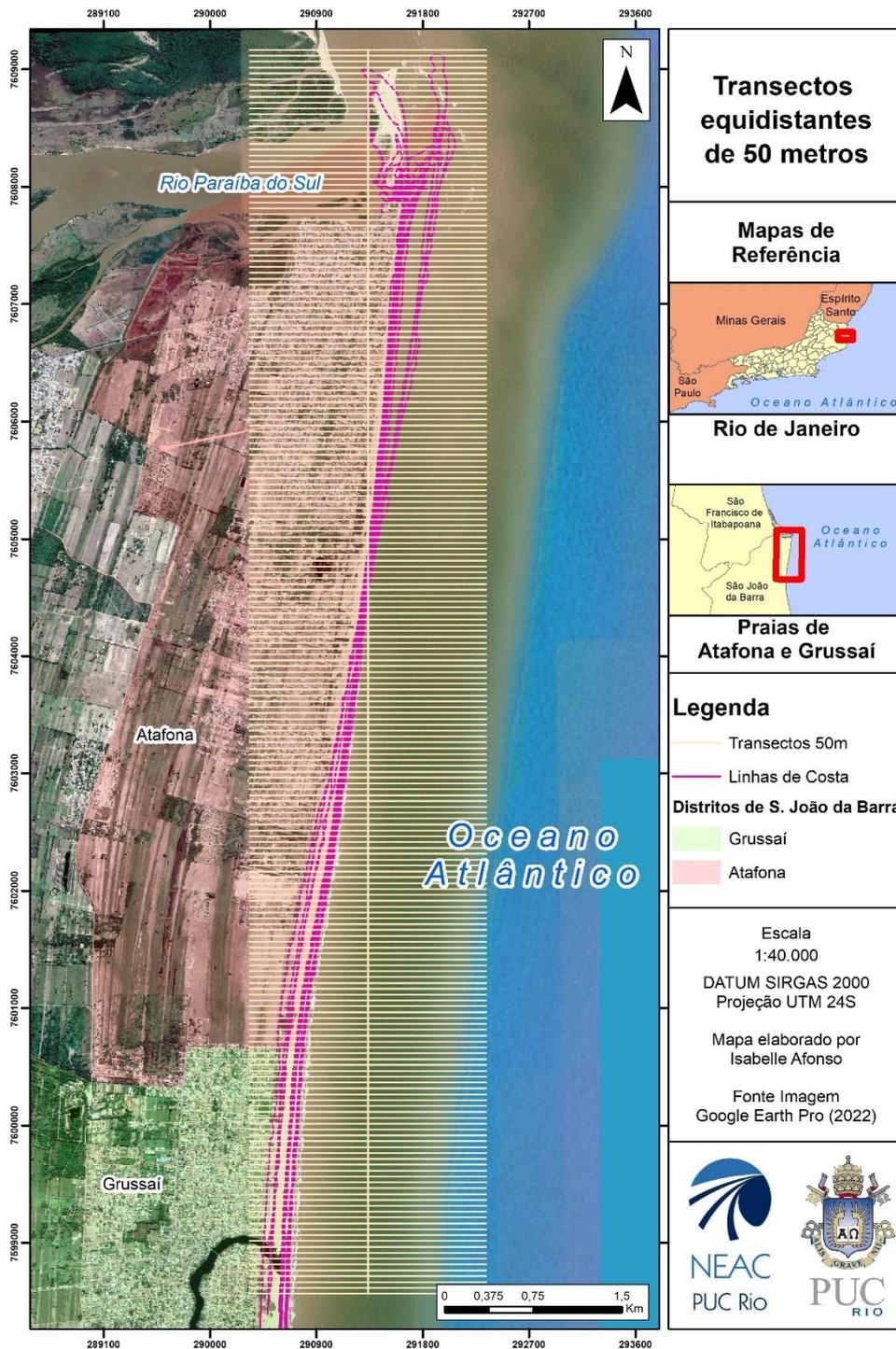


Figura 21. Transectos de equidistantes de 50 metros utilizados para o cálculo de taxa média de erosão e de progradação.

Com o *shapefile* das seções de 50 em 50 metros, somado ao *shapefile* de comparação das linhas de costa vetorizadas foi realizado a quantificação linear das taxas erosivas e progradantes (em metros) a partir da distância medida entre as linhas de costa de diferentes épocas, através de um clipe realizado entre os *shapefiles* mencionados (**Figura 22**).

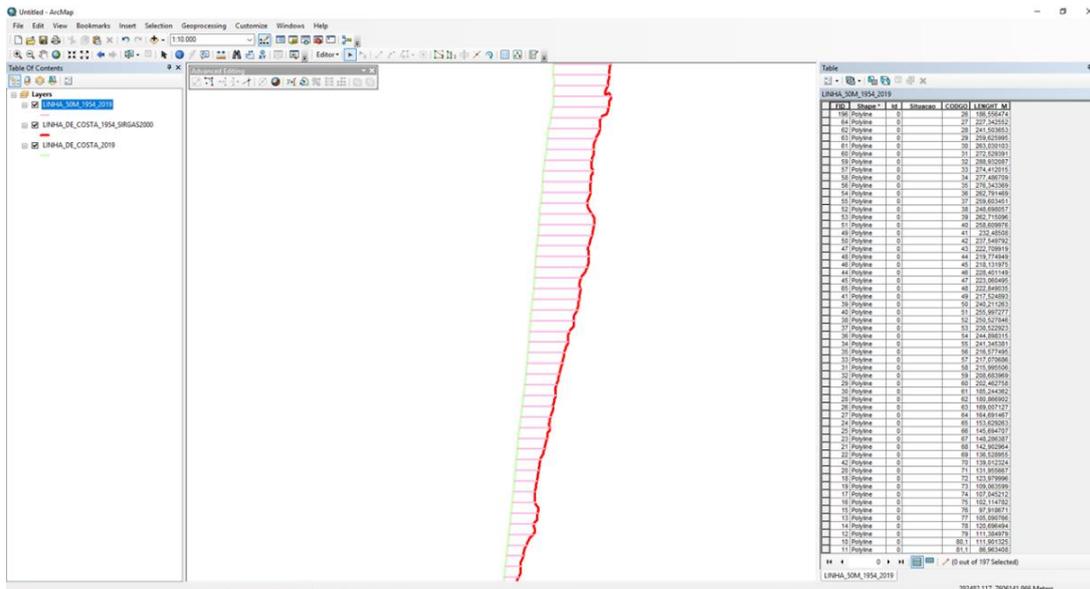


Figura 22. Exemplo de resultado após clip do shape de subdivisões a cada 50 metros para a comparação entre os anos de 1954 e 2019, utilizando o *software*

ArcGIS versão 10.05.

A partir deste produto cartográfico foi possível fazer comparações gráficas, com o emprego destes shapes em mapas temáticos e análises quantitativas através das tabelas de atributos geradas, possibilitando assim observação das taxas médias das dinâmicas analisadas. Como por exemplo, a quantidade em metros por ano, de forma linear, das dinâmicas erosivas e progradantes de cada trecho, entre outros.

3.1.2. Determinação da taxa de evolução costeira – TEC

Para poder realizar a determinação da TEC, utilizou-se a metodologia descrita por Klein *et al.* (2016). Inicialmente, é necessário obter o acervo de dados vetoriais com todas as temporalidades de linha de costa a serem analisadas (como já supracitado no item 3.1.1.), após essa primeira etapa, é necessário o auxílio da extensão para ArcGIS DSAS – *Digital Shoreline Analysis System* (<https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas>).

Dentro da extensão, uma linha de costa base é definida – no caso do presente estudo a linha de base é a linha de costa atual, do ano de 2022 – essa linha será a referência inicial para a construção computacional dos perfis transversais de forma muito similar a realizada no item 3.1.2. (**Figura 23**).

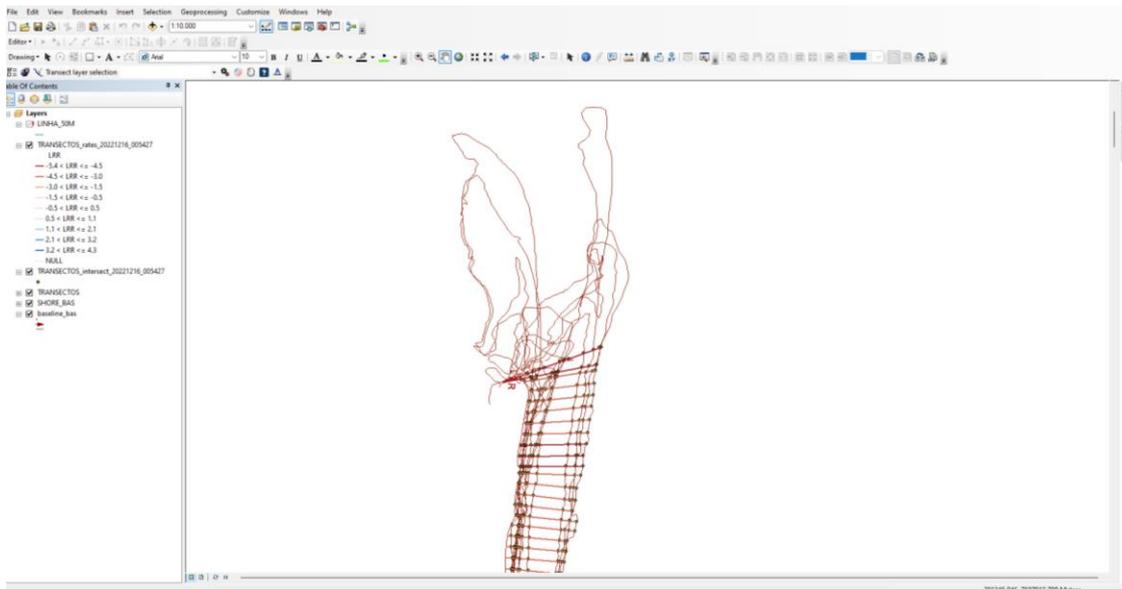


Figura 23. Transectos traçados pela extensão DSAS entre as linhas de costa analisadas.

A partir da comparação entre essas linhas de costa, obtém-se a distância entre elas e divide-se pelo tempo transcorrido. Dessa maneira, a taxa de evolução da linha de costa (TEC) é estabelecida. Três situações para o TEC são possíveis (**Figura 24**):

- i. Retrogradação, a costa encontra-se em erosão;
- ii. Estabilidade, ocorrendo um balanço equilibrado entre erosão e deposição (TEC < Erro);
- iii. Progradação, onde se verifica um avanço do continente em direção ao mar ocasionado pela sedimentação.

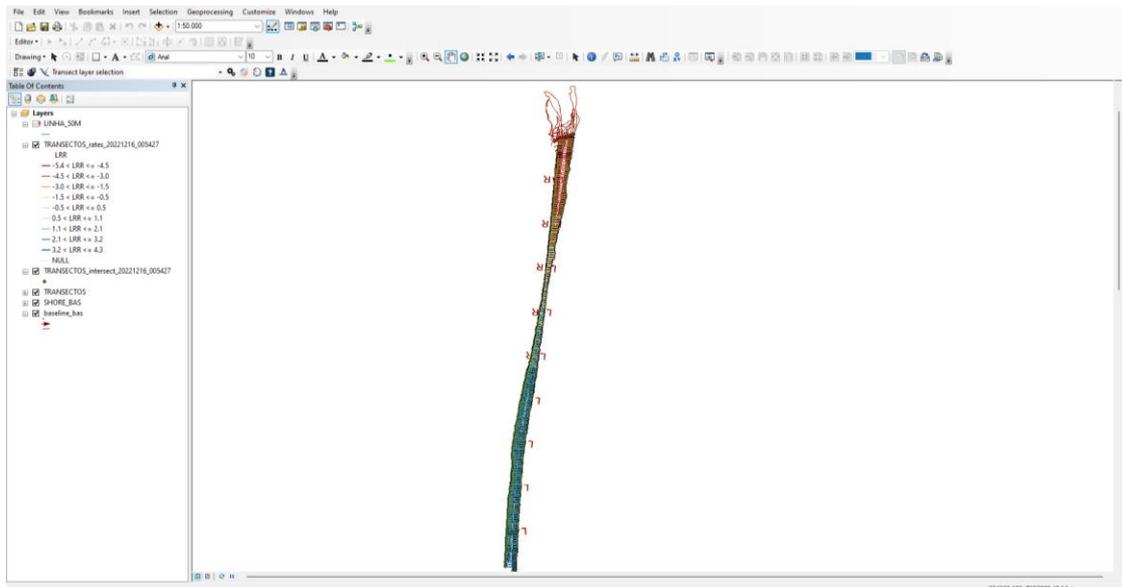


Figura 24. Demonstração da apresentação gráfica do cálculo da TEC.

A comparação entre as linhas de costa é realizada pela extensão através do método de regressão linear (LRR – *Linear Regression*) que apresenta uma taxa de variação (metros/ano).

Saída: Taxa de variação em metros/ano considerando todas as linhas de costa disponíveis. Neste método realiza-se uma regressão linear, em que a taxa é a inclinação da reta obtida: onde y é a distância prevista da linha de base *baseline*, m é a inclinação (taxa de variação) e b = interseção com o eixo y .

Apresenta-se também um erro padrão da estimativa (LSE).

$$LSE = \sqrt{\frac{\sum(y - y')^2}{n - 2}}$$

Onde:

y = Distância conhecida entre o ponto da linha de base até o ponto da linha de costa;

y' = Valor previsto a partir da equação da linha de regressão que melhor de ajuste;

$n-2$ = Grau de liberdade.

Em relação as incertezas relativas ao processo de geoprocessamento das fotografias e imagens aéreas, todos os mosaicos foram georreferenciados ao ortomosaico RJ25 fornecido pelo IBGE e, de acordo com o metadado fornecido pelo órgão, o produto final apresenta ajustamento entre 3 e 7 metros compatível com a escala de 1:25.000. Com base neste produto métrico oficial, os demais mosaicos foram

georreferenciados utilizando o *software* ArcGIS, qual apresenta relatório de incerteza global para cada imagem georreferenciada. Por não ser possível determinar o valor da incerteza para cada ponto referenciado utilizado, foi adotado como incerteza o valor fornecido pelo ArcGIS, tais valores foram inseridos na ferramenta DSAS e foram utilizados internamente para gerar a TEC.

3.1.3. Previsão das linhas de costa futuras

A escala de tempo adotada foi de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos. Tal temporalidade foi definida a partir de estudos de Rocha *et al.* (2019), que através da datação das cristas de praia próximas a truncamentos erosivos no CDRPS, observou que os ciclos erosivos no flanco sul duram cerca de um século. Sendo assim, para costa em condição de retração, a projeção da linha de costa futura (LCt), considerando a escala de tempo acima, é dada por:

$$LCt = LC_0 + TEC * t$$

LC₀ = linha de costa atual, tempo zero;

LCt = linha de costa futura num tempo de t (5, 10, 15, 20, 25 e 30) anos, considerando um aumento constante no nível do mar;

TEC = taxa anual de evolução de linha de costa;

t = tempo futuro (5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos)

4 Resultados e Discussão

4.1. Resultados por Período Analítico

A seguir serão apresentados os dados dos períodos de 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022 e 1954-2022, visando complementar a análise já realizada por Vasconcelos *et al.* (2021) no que tange ao comportamento progradante e retrogradante observado entre as praias de Atafona e Grussaí. Para ver o mapa individualizado da linha de costa para cada novo período analisado ver **Anexo 1**.

4.1.1. Período de 2019 a 2020

Entre 2019 e 2020 a dinâmica progradacional predominou e foi responsável por mobilizar 86% dos sedimentos afetados pelos fenômenos, equivalente a 168.905,65 m² da área total da dinâmica (**Tabela 2**) devido ao crescimento exponencial do pontal de Atafona. A dinâmica erosiva ocorreu neste período abaixo do pontal, ao longo de toda a costa, mobilizando cerca de 26.634,57 m² em área (**Mapa 1. Variação morfodinâmica 2019 – 2020**).

No período de 1 ano analisado, a taxa linear obteve uma média de -8,07 metros nas áreas erodidas e de +8,54 nas áreas progradantes. Como o período analisado é de 1 ano, os valores da taxa linear e de velocidade média de erosão são os mesmos (**Figura 25**).

Tabela 2. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2019 a 2020.

2019 – 2020		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-26.634,57	168.905,65
Taxa Média Anual (m ²)	-8,07	8,54
Velocidade Média Anual (m ²)	-8,07	8,54

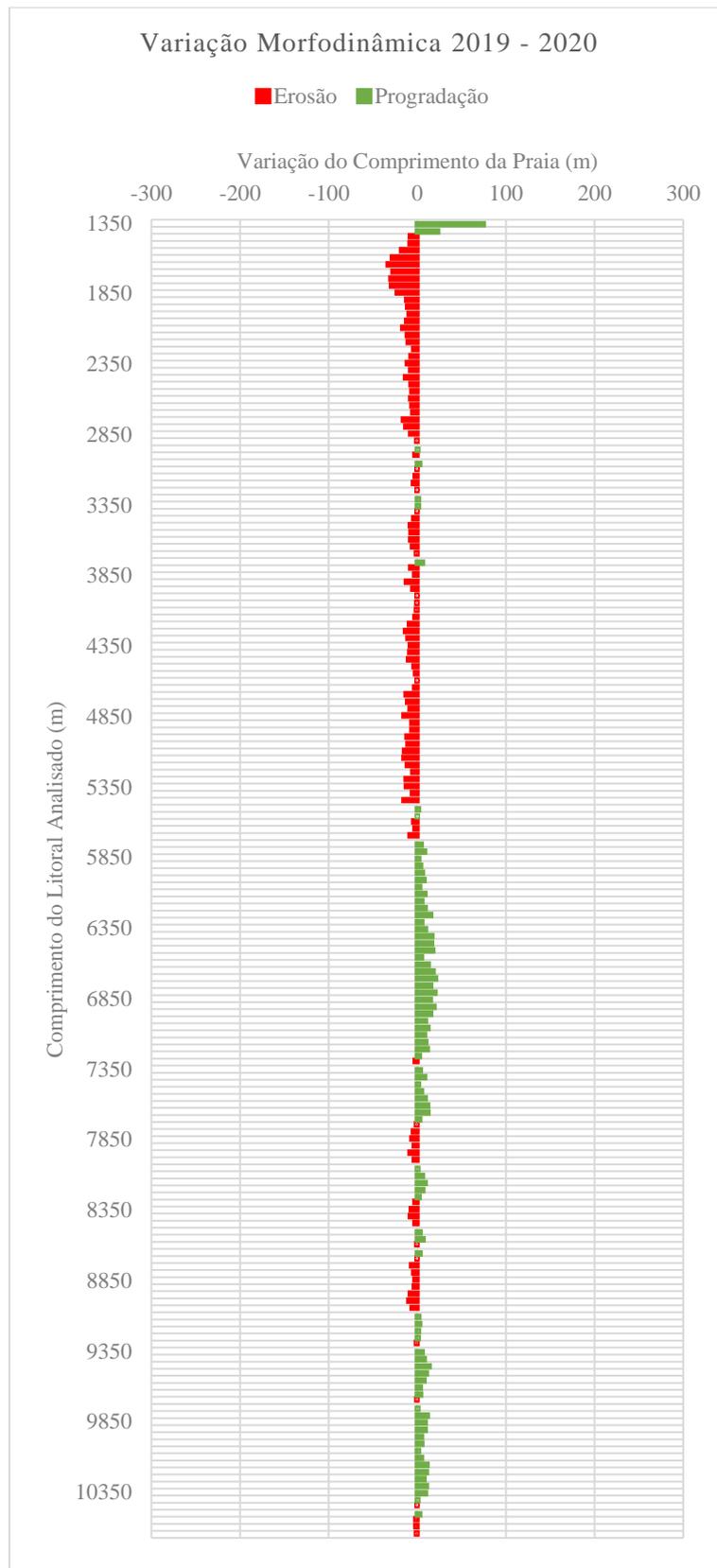


Figura 25. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2019 e 2020, para as praias de Atafona e Grussaí.

290000 290900 291800 292700 293600



PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 01

Varição Morfodinâmica 2019 a 2020

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

Morfodinâmica

- Erosão
- Progradação

Escala
1:36.500

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2020)



Oceano Atlântico



4.1.2. Período de 2020 a 2021

Entre 2020 e 2021 a dinâmica progradacional atuou de forma preponderante, sendo responsável por mobilizar 85% dos sedimentos, equivalente a 147.277,20 m² da área total da dinâmica (**Tabela 3**). A dinâmica erosiva neste período também ocorreu na região abaixo do pontal de Atafona, ao longo de toda a costa, mobilizando cerca de 26.893,84 m² em área (**Mapa 2. Variação morfodinâmica 2020 – 2021**).

No período de analisado, a taxa linear obteve uma média de -5,37 metros nas áreas erodidas e de +7,89 nas áreas progradantes, como o período analisado é de 1 ano, os valores da taxa linear e de velocidade média de erosão são os mesmos (**Figura 26**).

Tabela 3. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2020 a 2021.

2020 – 2021		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-26.893,84	147.277,20
Taxa Média Anual (m ²)	-5,37	7,98
Velocidade Média Anual (m ²)	-5,37	7,98

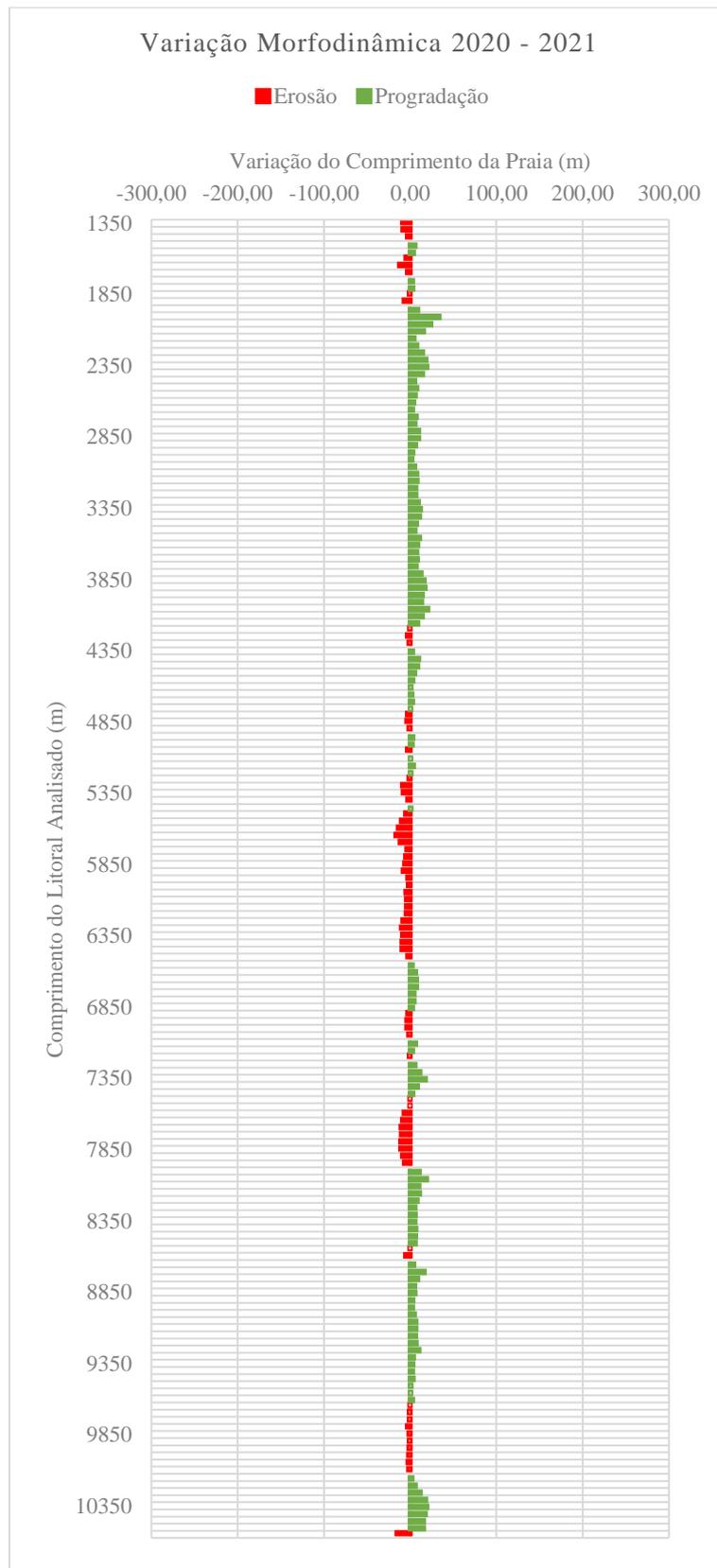


Figura 26. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2020 e 2021, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 02

Varição Morfodinâmica 2020 a 2021

Mapas de
Referência



Rio de Janeiro



Praias de
Atafona e Grussaí

Legenda

Morfodinâmica

- Erosão
- Progradação

Escala
1:38.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2021)



4.1.3. Período de 2021 a 2022

No período analisado, entre 2021 e 2022, houve um comportamento atípico da dinâmica geral delineada, contudo já identificado em mapeamentos de épocas anteriores como apontado no trabalho de Vasconcelos *et al.* (2021) (**Mapa 3. Variação morfodinâmica 2021 – 2022**). Neste período o fenômeno erosivo atuou em toda a linha de costa, desde o pontal de Atafona até a lagoa de Grussaí. Foram erodidos 312.899,43 m² em área pelo fenômeno, tendo assim uma importância de 99% da dinâmica como um todo. A dinâmica progradante ocorreu pontualmente nas proximidades da lagoa de Grussaí, onde progradou cerca de 4.684,58 m² durante o período observado (**Tabela 4**). A taxa linear obteve uma média de -9,83 metros por toda a extensão do litoral (**Figura 27**).

Tabela 4. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2021 a 2022.

2021 – 2022		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-312.899,43	4.684,58
Taxa Média Anual (m ²)	-9,83	2,30
Velocidade Média Anual (m ²)	-9,83	2,30

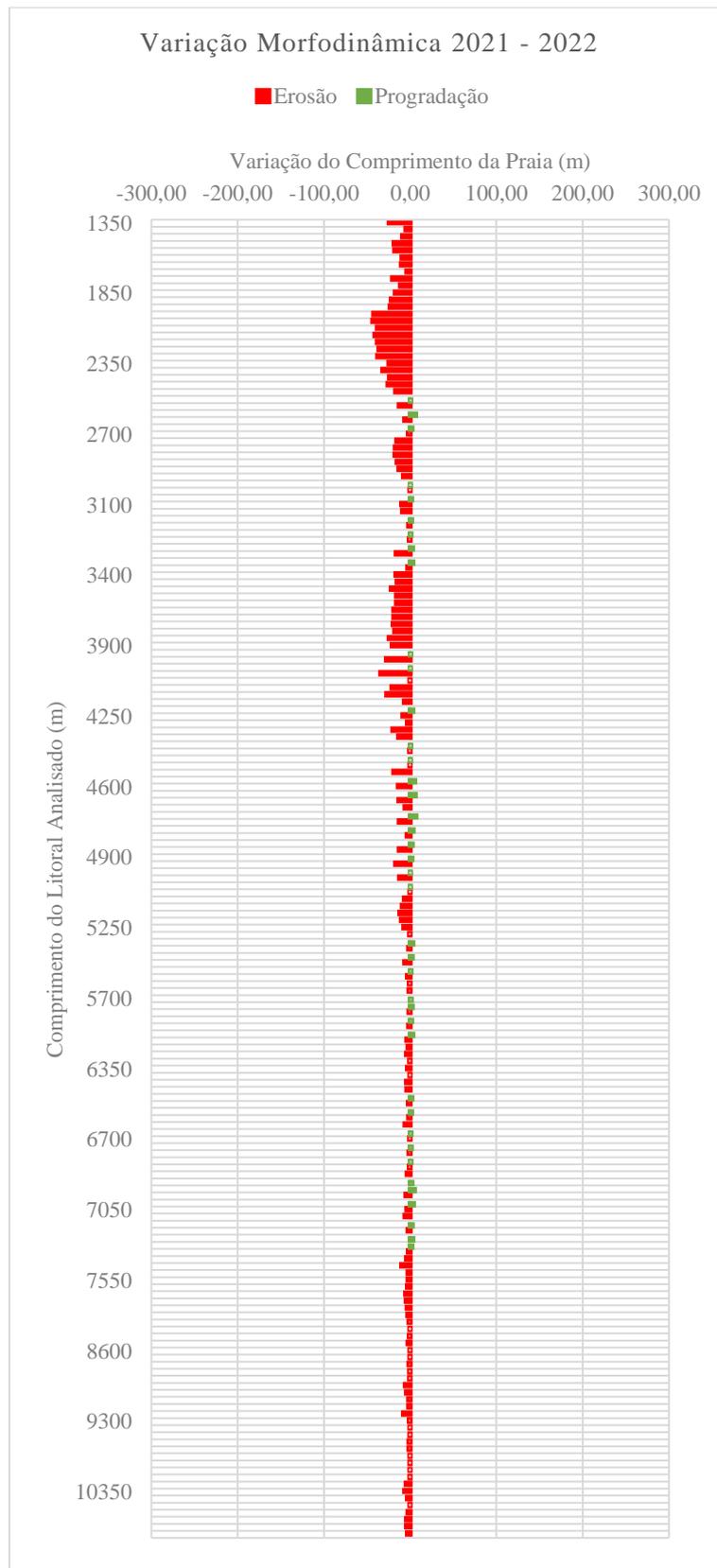


Figura 27. Taxa linear de variação morfodinâmica entre 2021 e 2022, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 03

Varição Morfodinâmica 2021 a 2022

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

Morfodinâmica

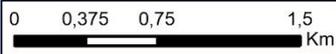
- Erosão
- Progradação

Escala
1:40.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)



4.2. Resultados das projeções dos cenários futuros

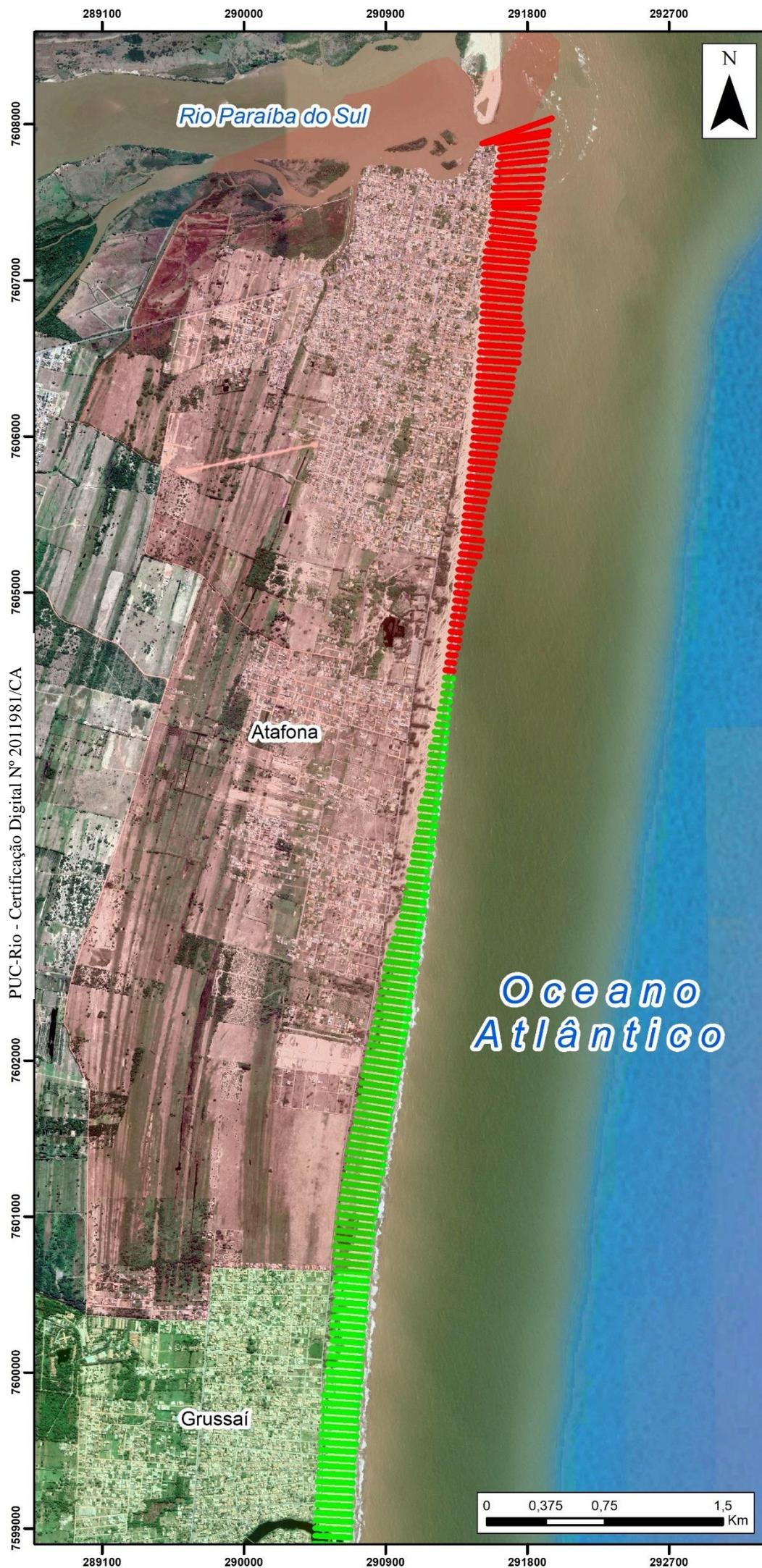
Para a projeção da linha de costa futura de cada cenário, foi utilizada a equação apresentada no item 3.1.3 Previsão das linhas de costa futuras (**Mapa 4. Taxa TEC para as praias de Atafona e Grussaí – 1954 a 2022**).

Existem três possíveis resultados do cálculo da TEC (Taxa de Evolução Costeira): valor negativo (indicando erosão); valor positivo (indicando progradação) e valor nulo (indicando estabilidade). Apenas valores positivos e negativos foram encontrados, o que indica que mesmo havendo um ponto de inflexão entre ambas as dinâmicas, essa ocorre de forma gradual ao longo de alguns metros de costa e não de forma abrupta. Para visualização das dos valores obtidos para cada transecto ver **Anexo 2**.

Os cálculos mostraram que 35,64% do litoral entre Atafona e Grussaí está em um franco processo erosivo, tendo como TEC negativa mais expressiva de -5,37m/ano, na região próxima ao pontal de Atafona. Em contrapartida, foi possível identificar a região de Grussaí em um processo de progradação exponencial, com uma TEC positiva de +4,24m/ano.

A partir dos dados gerados, foi possível criar uma simulação gráfica de onde a linha de costa se encontrará nos cenários futuros delineados. Nesse mapa, é possível ver o deslocamento gradual da linha de costa ao longo do período analisado (**Mapa 5. Linhas de costa futuras: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos**).

A seguir os dados dos cenários futuros para +5 anos, +10 anos, +15 anos, +20 anos, +25 anos e +30 anos previstos para o desenvolvimento das dinâmicas progradante e retrogradante entre as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 04

Taxa TEC para as praias de Atafona e Grussaí 1954 a 2022

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- TEC**
- █ -5,37 - 0,00
 - █ 0,01 - 4,24
- Distritos de S. João da Barra**
- █ Grussaí
 - █ Atafona

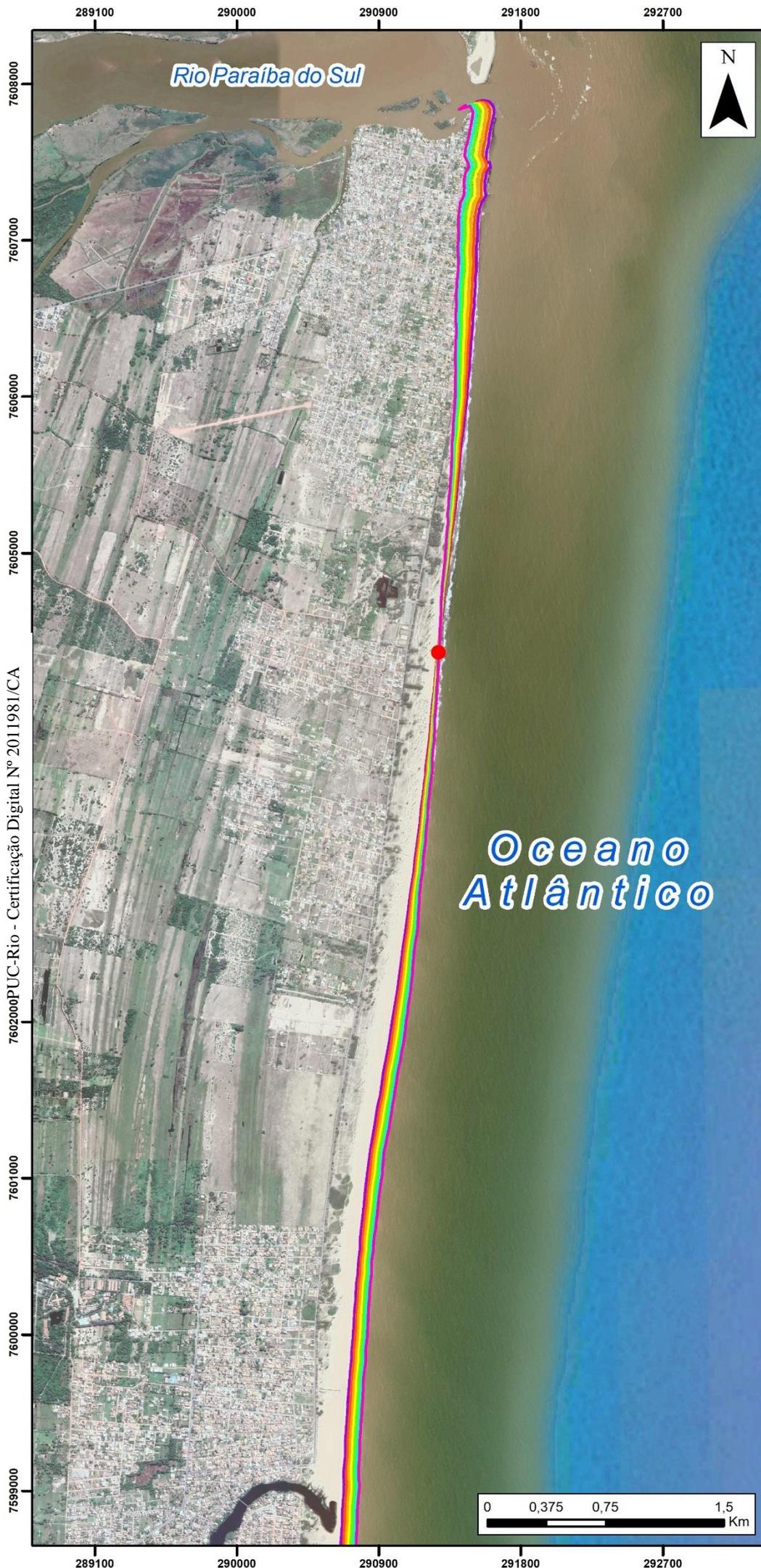
Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)





MAPA 05

Linhas de Costa Futuras: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos
- 10 anos
- 15 anos
- 20 anos
- 25 anos
- 30 anos

Escala
1:35.000

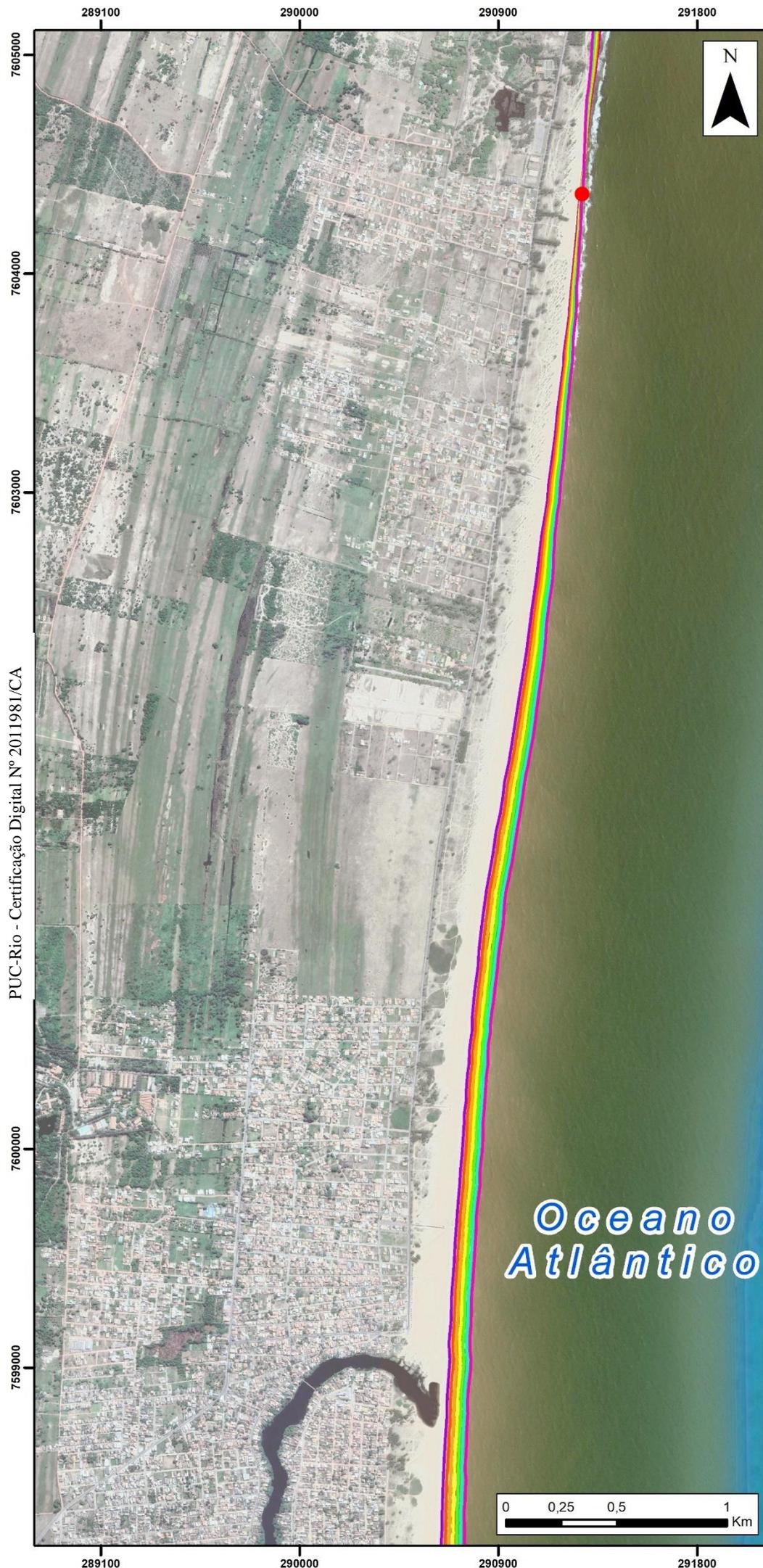
DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03





PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 05

Linhas de Costa Futuras: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos
- 10 anos
- 15 anos
- 20 anos
- 25 anos
- 30 anos

Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

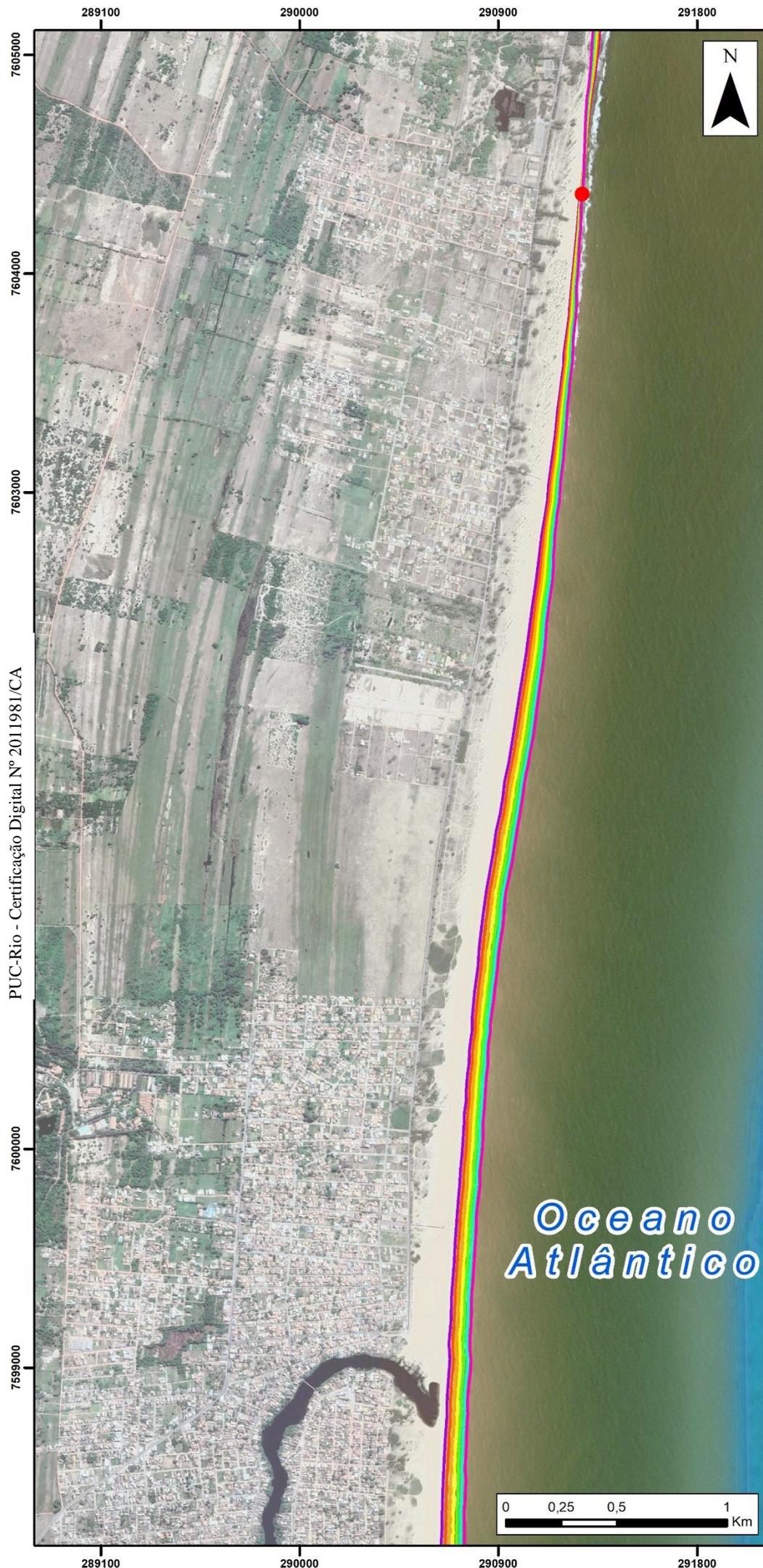
Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



Oceano Atlântico





PUC-Rio - Certificação Digital Nº 2011981/CA

MAPA 05

Linhas de Costa Futuras: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos
- 10 anos
- 15 anos
- 20 anos
- 25 anos
- 30 anos

Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



4.2.1. Cenário futuro +5 anos

No cenário de +5 anos, a dinâmica progradacional foi responsável por mobilizar 65% dos sedimentos, o que é equivalente a +81.170,52 m² em área, já a dinâmica erosiva removeu cerca de -46.328,24 m² (**Tabela 5**). No período de 5 anos analisado, a taxa linear obteve uma média de -13,92 metros nas áreas sob o domínio do processo erosivo e de +12,554 nas áreas progradantes, representando uma velocidade média de -2,78m/ano na região da praia de Atafona (erosão) e +2,51 m/ano na praia de Grussaí (progradação). A taxa linear máxima encontrada foi de -26,85 m em Atafona e de +21,20m em Grussaí (**Figura 28 e Mapa 6. Linha de costa futura: 5 anos**).

Tabela 5. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +5 anos.

2022 +5 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-46.328,24	+81.170,52
Taxa Linear Média Anual (m)	-13,92	+12,55
Taxa Linear Máxima (m)	-26,85	+21,20
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,78	+2,51

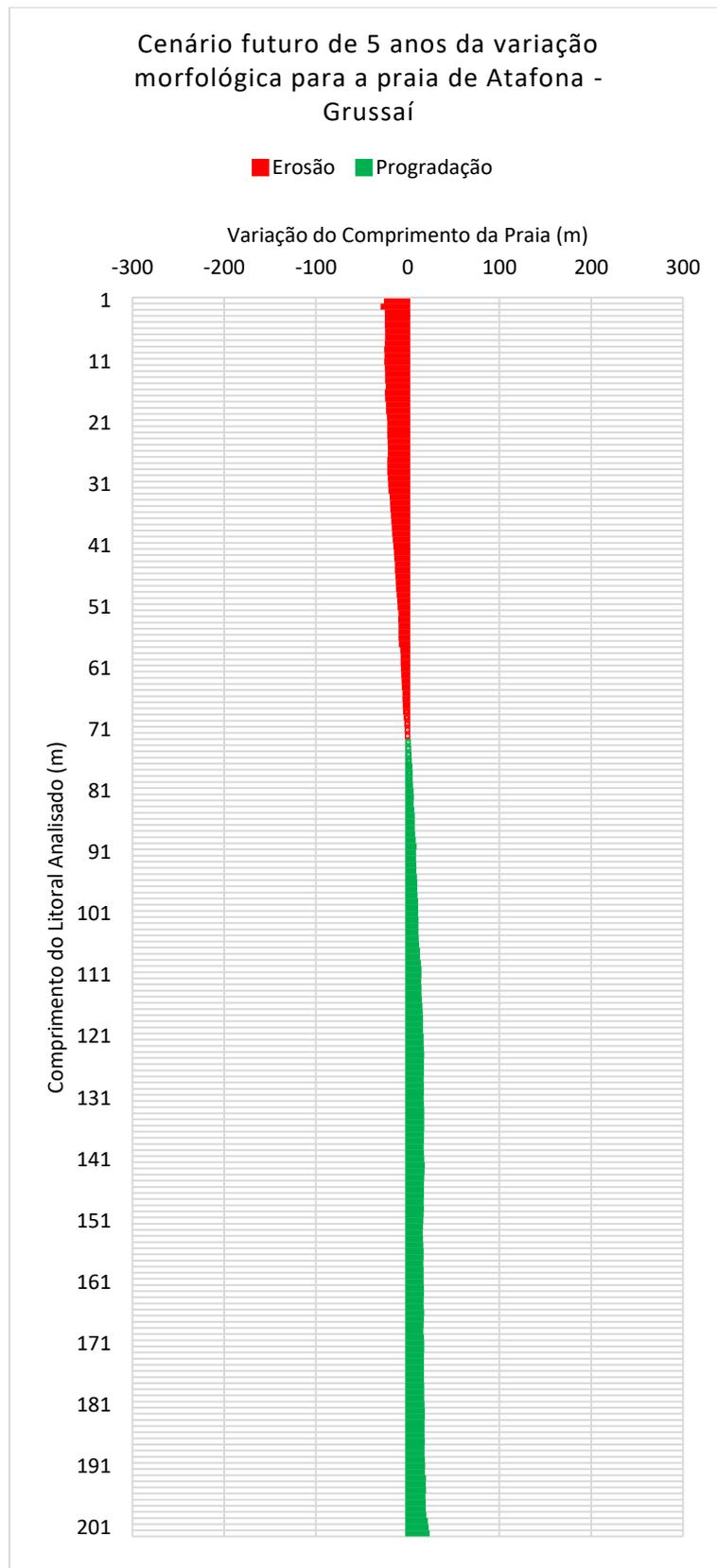


Figura 28. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 5 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 06

Linha de Costa Futura: 5 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos

Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03



7609000

290900

291800

Rio Paraíba do Sul



MAPA 06

Linha de Costa Futura: 5 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos

Escala
1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 02/03

Oceano Atlântico



PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

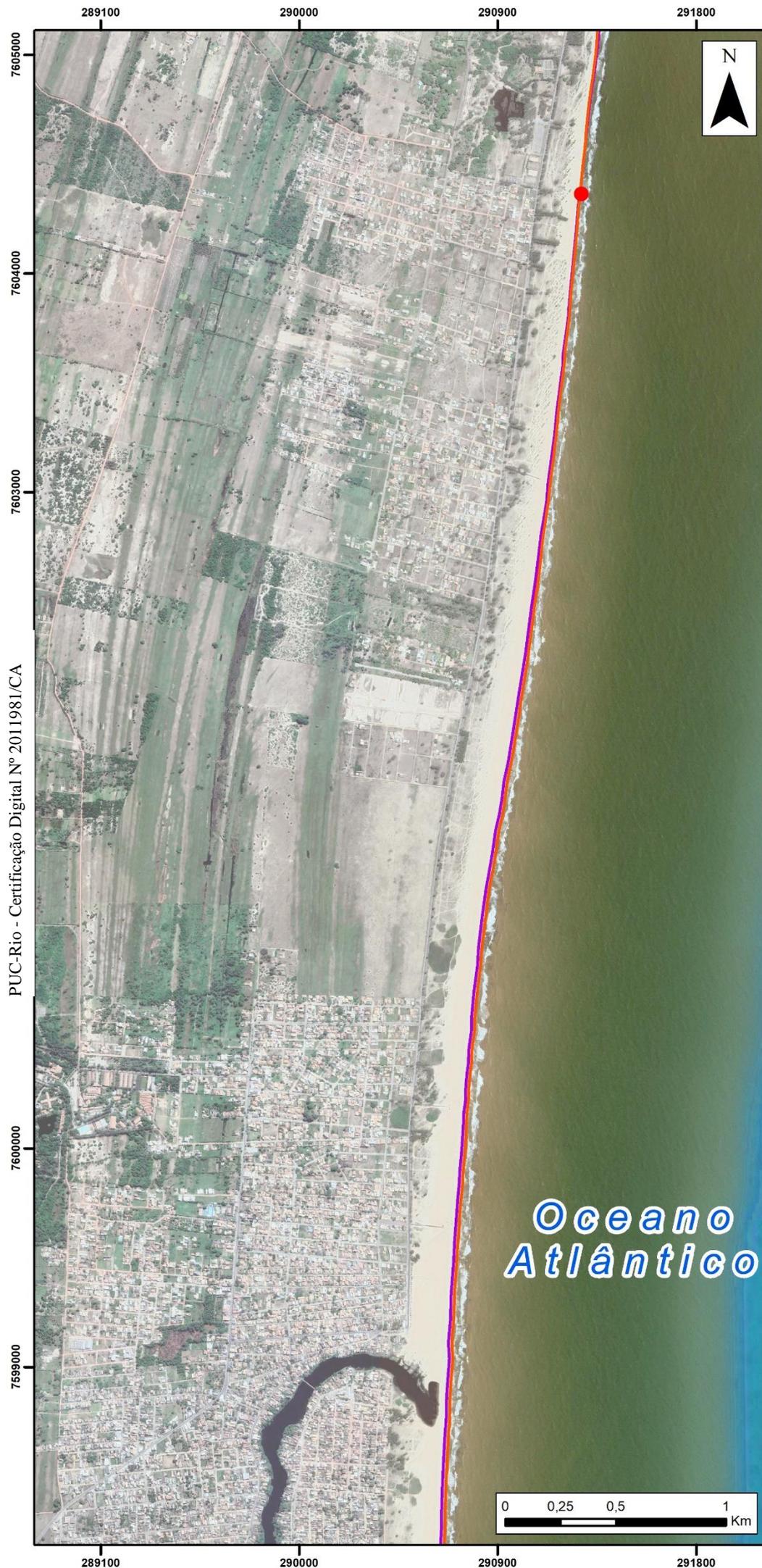
7606000

7604000

290900

291800





PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 06

Linha de Costa Futura: 5 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 5 anos

Escala
1:25.000

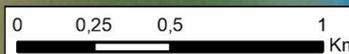
DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03

Oceano Atlântico



4.2.2. Cenário futuro +10 anos

No cenário delineado para +10 anos, o fenômeno erosivo atuará em 36% da linha de costa, em toda a extensão da praia de Atafona, erodindo cerca de -92.445,62 m² em área, enquanto a dinâmica progradante será responsável pela sedimentação de +162.144,25 m² em área (**Tabela 6**).

A taxa linear máxima calculada correspondente ao fenômeno erosivo foi de -53,70m, tendo uma taxa linear média de -27,84 m ao ao longo do trecho cujo domínio é do processo erosivo, gerando portando, uma velocidade média de -2,78 m/ano de recuo. Referente ao fenômeno progradante, a taxa linear máxima encontrada foi +42,40m, tendo uma taxa linear média de +25,11 metros progradados ao longo da área analisada, possuindo uma velocidade de +2,51 m/ano de progradação (**Figura 29 e Mapa 7. Linha de costa futura: 10 anos**).

Tabela 6. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +10 anos.

	2022 +10 anos	
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m²)	-92.445,62	+162.144,25
Taxa Linear Média Anual (m)	-27,84	+25,11
Taxa Linear Máxima (m)	-53,70	+42,40
Velocidade Média Anual (m²)	-2,78	+2,51

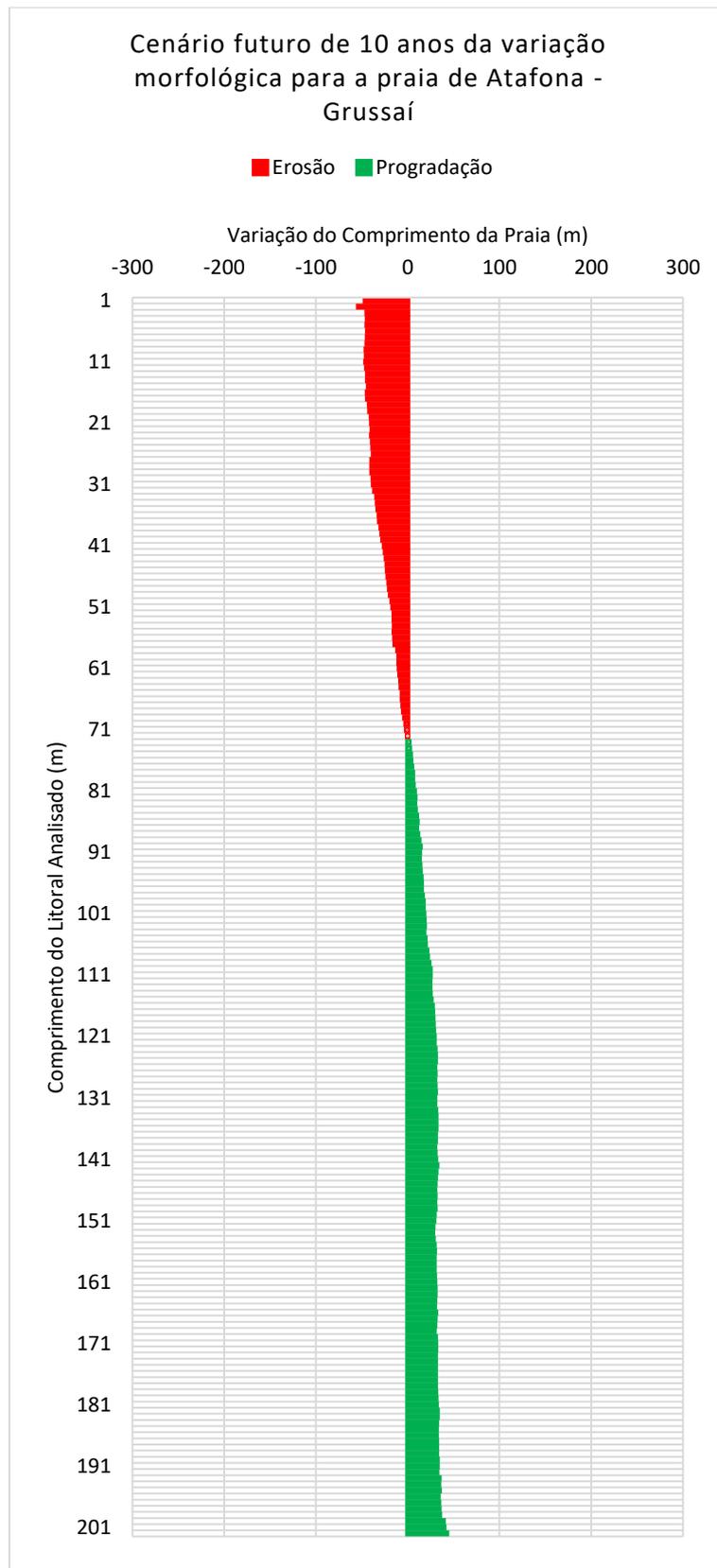


Figura 29. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 10 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.

289100 290000 290900 291800 292700

7608000
7607000
7606000
7605000
7602000
7601000
7600000
7599000

7602000 PUC-Rio - Certificação Digital Nº 2011981/CA



MAPA 07

Linha de Costa Futura: 10 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 10 anos

Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03



7609000

290900

291800

Rio Paraíba do Sul



MAPA 07

Linha de Costa Futura: 10 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 10 anos

Escala
1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 02/03

7607000

PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

7605000

7604000

Oceano Atlântico



290900

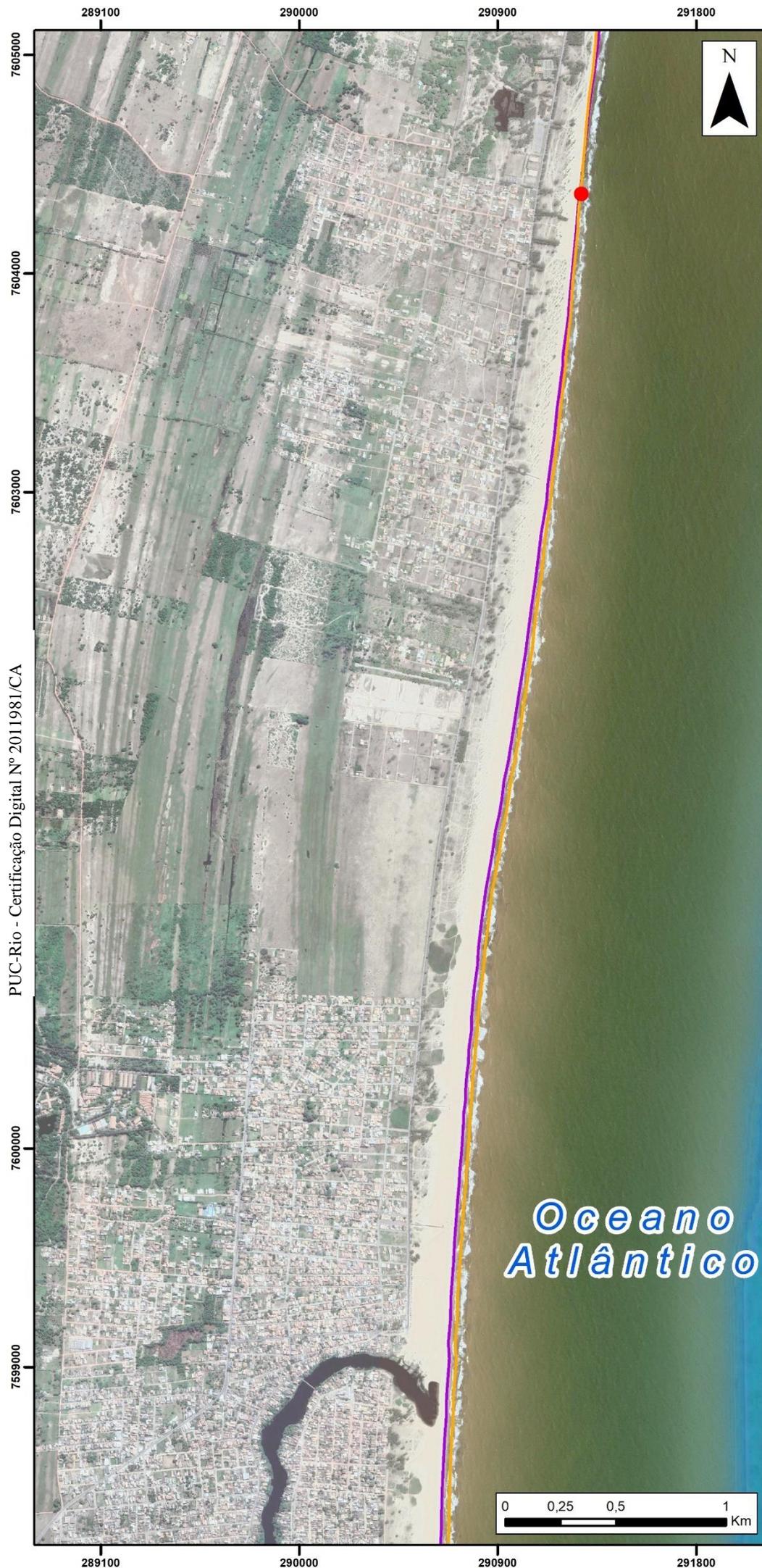
291800



NEAC
PUC Rio



PUC
RIO



PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 07

Linha de Costa Futura: 10 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 10 anos

Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03

Oceano Atlântico



4.2.3. Cenário futuro +15 anos

No cenário futuro de +15 anos, a dinâmica erosiva foi responsável por remover cerca de -138.315,07 m² em área da região de Atafona, enquanto a dinâmica progradante sedimentou cerca de +243.809,09 m² em área (**Tabela 7**).

A taxa linear mostrou o recuo de -41,76 metros nas proximidades de Atafona, já na região da praia de Grussaí obteve-se uma média de +37,66 metros progradados, os dados de velocidade média das respectivas dinâmicas, são de -2,78m/ano para o fenômeno erosivo e de +2,51m/ano para o fenômeno progradante (**Figura 30 e Mapa 8. Linha de costa futura: 15 anos**).

Tabela 7. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +15 anos.

2022 +15 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-138.315,07	+243.809,09
Taxa Linear Média Anual (m)	-41,76	+37,66
Taxa Linear Máxima (m)	-80,55	+63,60
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,78	+2,51

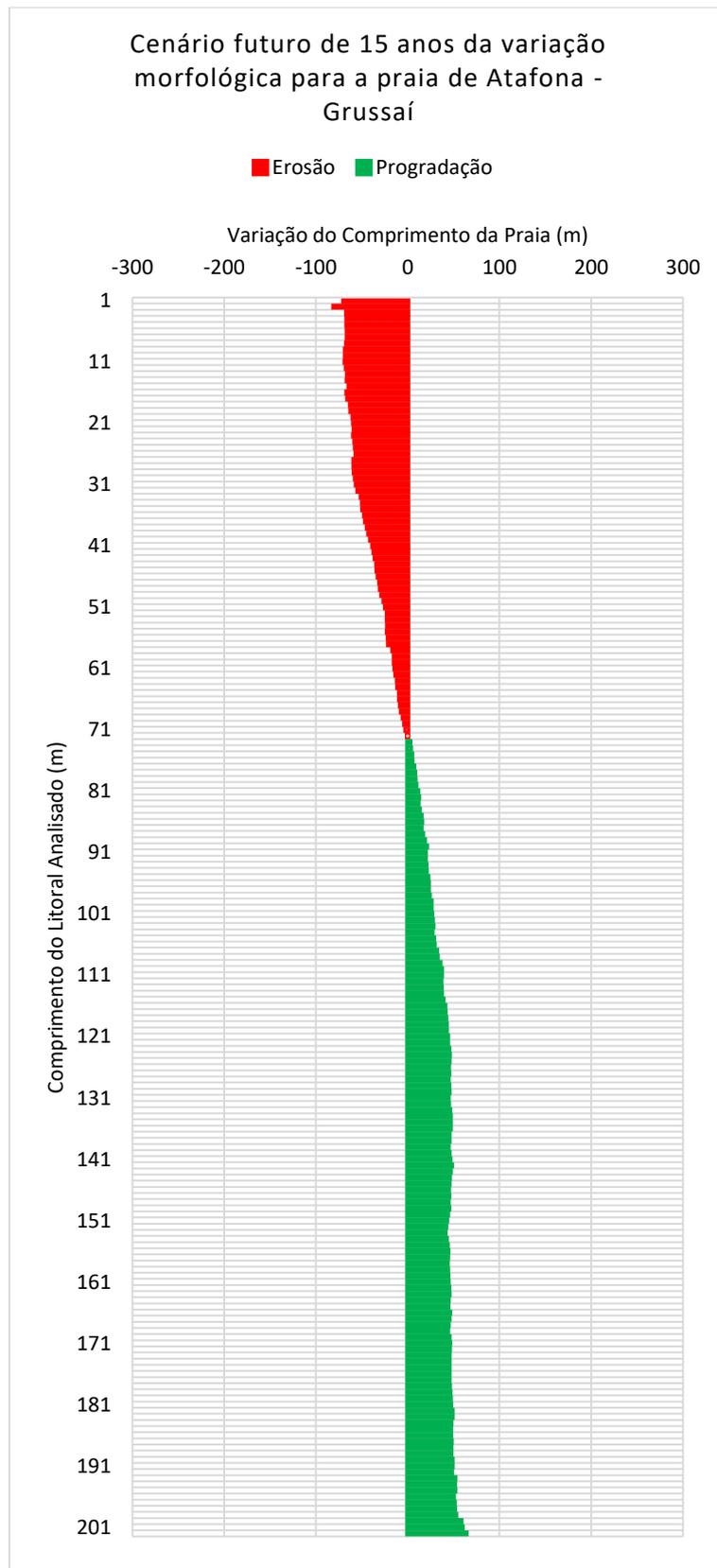


Figura 30. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 15 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 08

Linha de Costa Futura: 15 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 15 anos

Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03



7609000

290900

291800

Rio Paraíba do Sul



MAPA 08

Linha de Costa Futura: 15 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 15 anos

Escala

1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 02/03

Oceano Atlântico



7607000

PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

7605000

7604000

290900

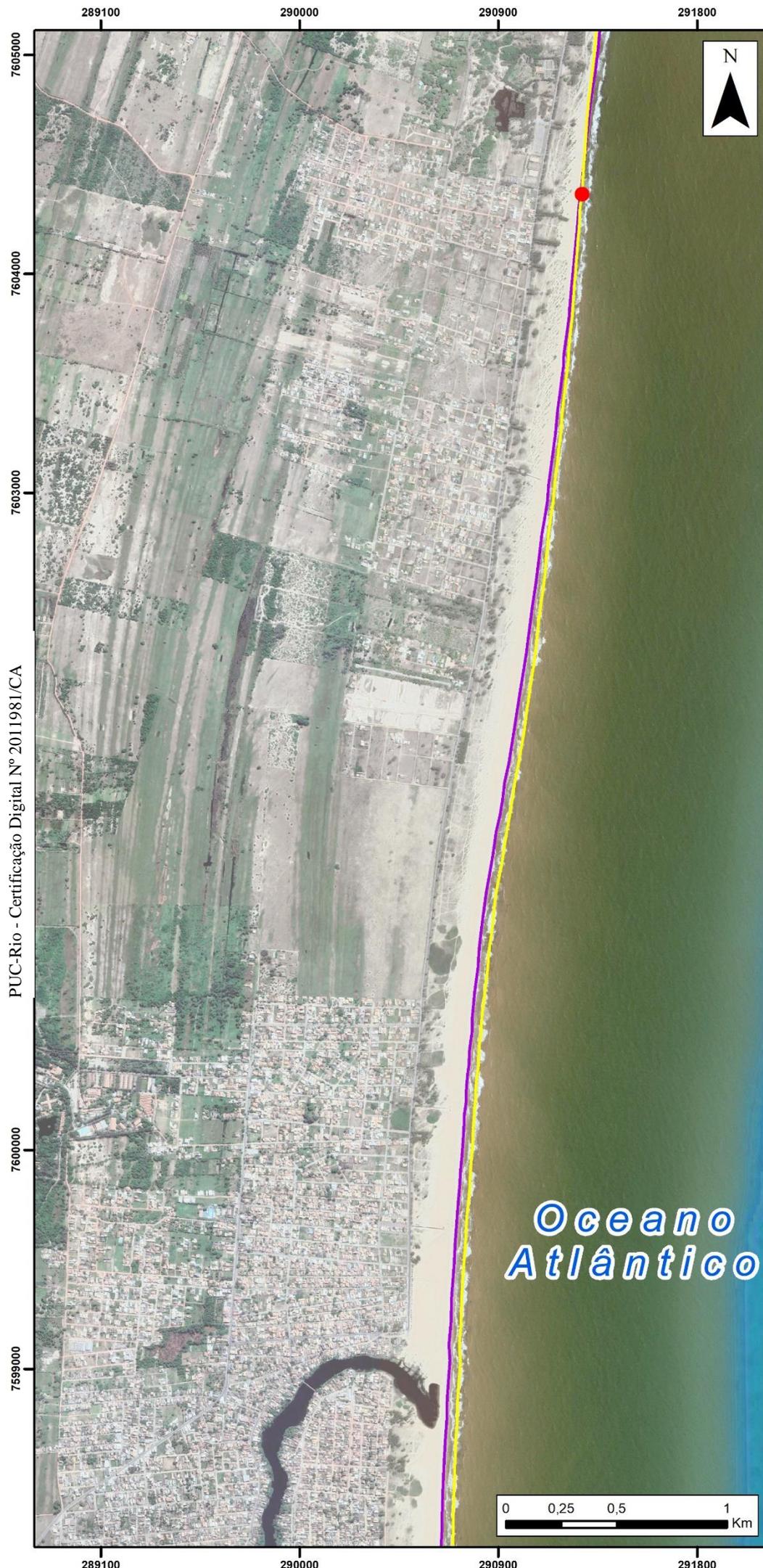
291800



NEAC
PUC Rio



PUC
RIO



PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 08

Linha de Costa Futura: 15 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 15 anos

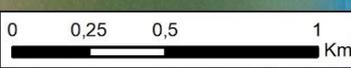
Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



4.2.4. Cenário futuro +20 anos

Para o cenário de +20 anos, a taxa linear média referente a dinâmica erosiva foi equivalente a -55,68 m no período análise, tendo uma taxa linear máxima de -107,40m e possuindo uma velocidade média de -2,78m/ano. Já a dinâmica progradante obteve uma média de +50,22 m, tendo uma velocidade média de +2,51 m/ano e uma taxa linear máxima encontrada de +84,80m (**Figura 31 e Mapa 9. Linha de costa futura: 20 anos**).

No período de 20 anos analisados, em relação a remoção e sedimentação em área pelos fenômenos, pode-se observar que foram erodidos -183.969,66 m² em área e progradados cerca de +324.245,63 m² em área (**Tabela 8**).

Tabela 8. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +20 anos.

2022 +20 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-183.969,66	+324.245,63
Taxa Linear Média Anual (m)	-55,68	+50,22
Taxa Linear Máxima (m)	-107,40	+84,80
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,78	+2,51

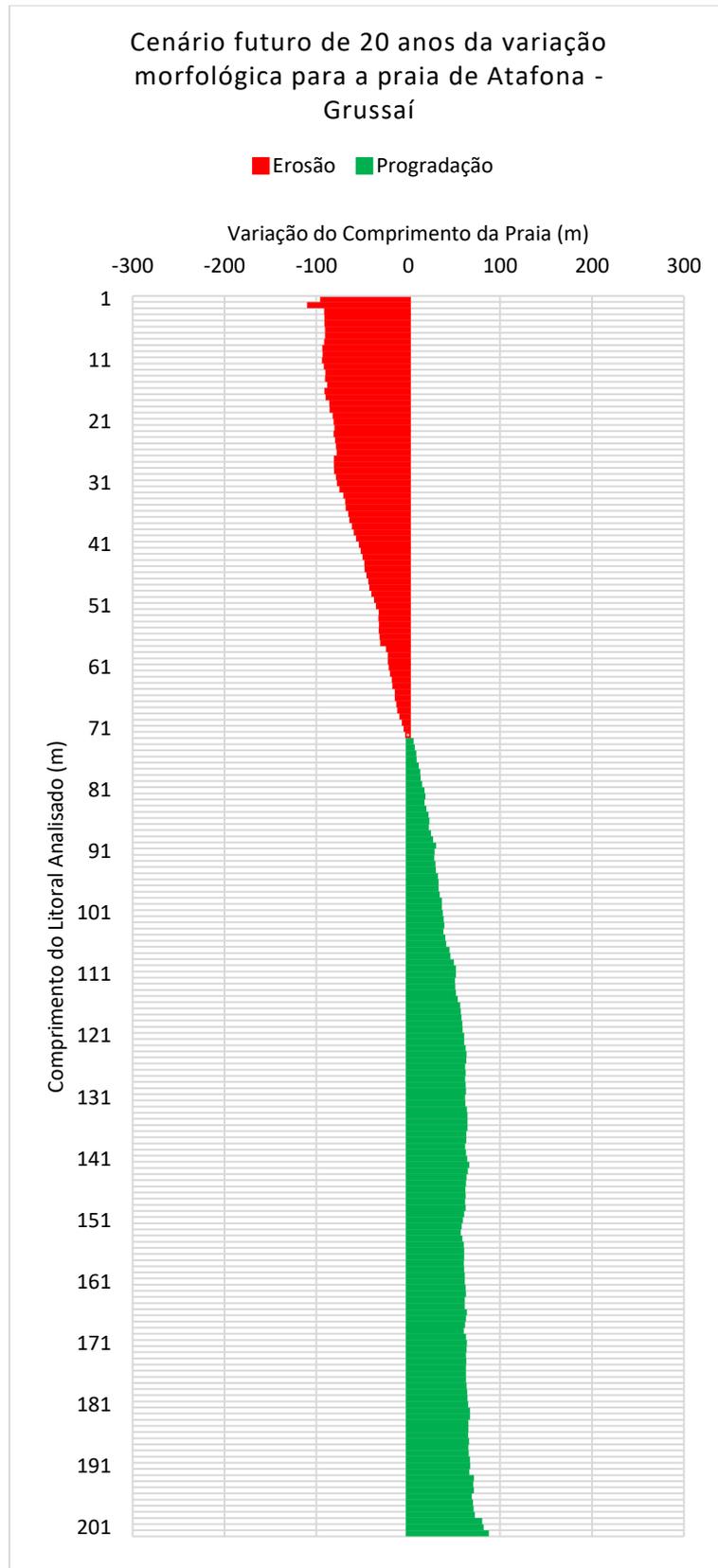


Figura 31. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 20 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 09

Linha de Costa Futura: 20 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 20 anos

Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03



7609000

290900

291800

Rio Paraíba do Sul



MAPA 09

Linha de Costa Futura: 20 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 20 anos

Escala
1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 02/03

7607000

PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

7605000

7604000

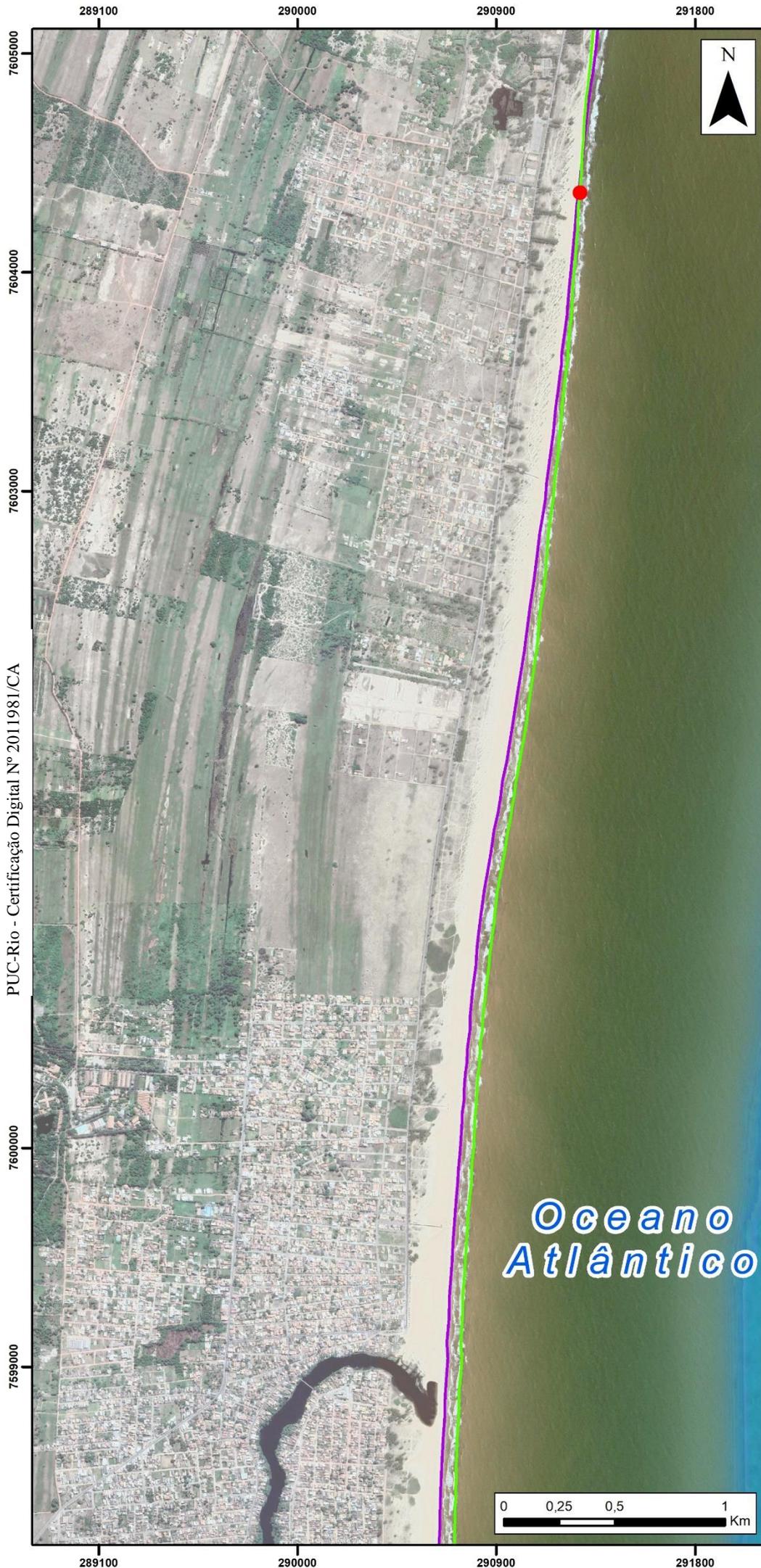
Oceano Atlântico



290900

291800





PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

MAPA 09

Linha de Costa Futura: 20 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 20 anos

Escala

1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



NEAC
PUC Rio



PUC
RIO

4.2.5. Cenário futuro +25 anos

No cenário delineado para +25 anos, o fenômeno erosivo atuou em 36% da linha de costa, em toda a extensão da praia de Atafona, erodindo cerca de -229.364,26 m² em área, enquanto a dinâmica progradante sedimentou +406.533,91 m² em área (**Tabela 9**).

A taxa linear correspondente ao fenômeno erosivo foi de -69,60 m ao decorrer do período de 10 anos, possuindo portando, uma velocidade média de -2,78 m/ano, a taxa linear máxima encontrada foi de -134,25m de recuo. Referente ao fenômeno progradante, a taxa linear obteve uma média de +62,77 metros progradados em no total analisado, possuindo uma velocidade de +2,51 m/ano progradados, e obteve uma taxa linear máxima de +106,10m (**Figura 32 e Mapa 10. Linha de costa futura: 25 anos**).

Tabela 9. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +25 anos.

2022 +25 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	- 229.364,26	+ 406.533,91
Taxa Linear Média Anual (m)	-69,60	+62,77
Taxa Linear Máxima (m)	-134,25	+106,10
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,78	+2,51

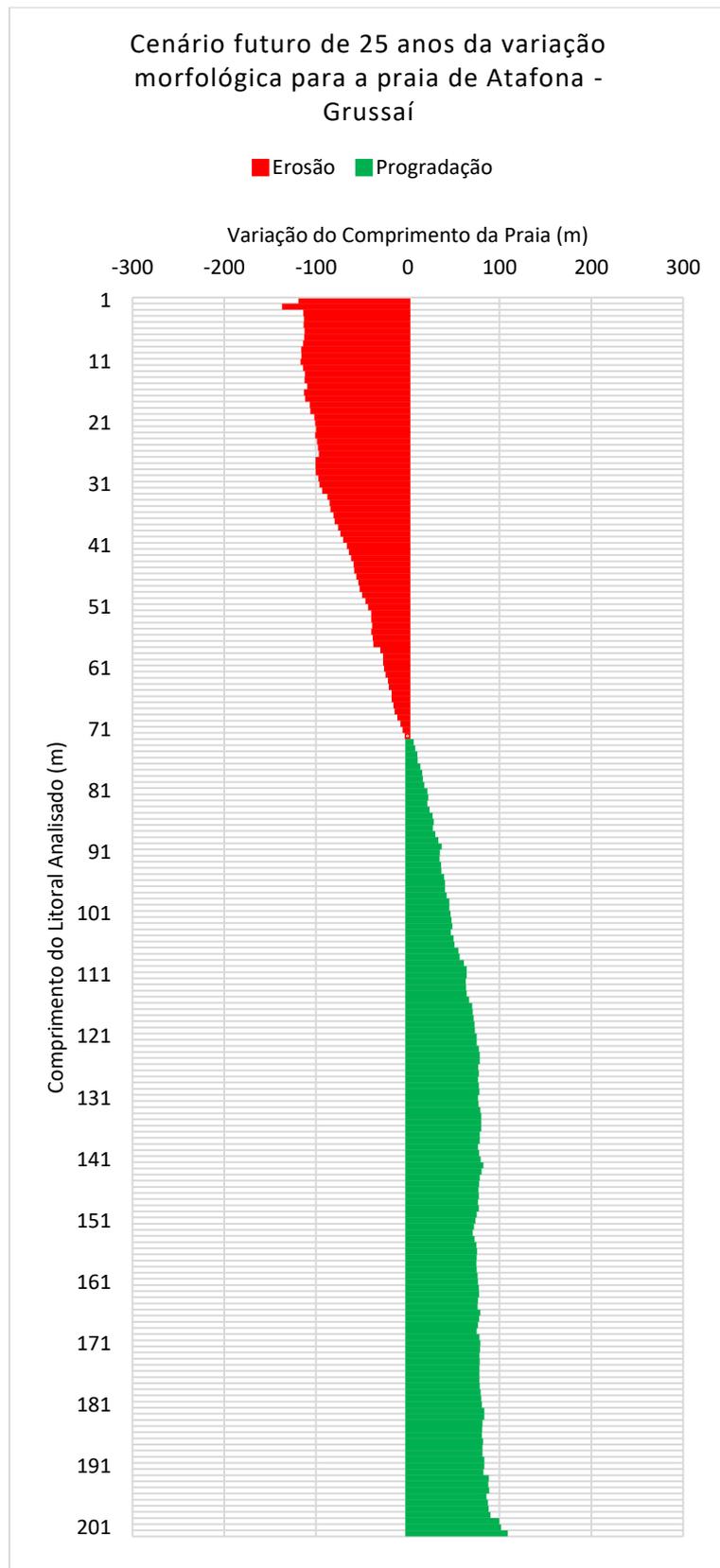


Figura 32. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 25 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 10

Linha de Costa Futura: 25 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 25 anos

Escala
1:35.000

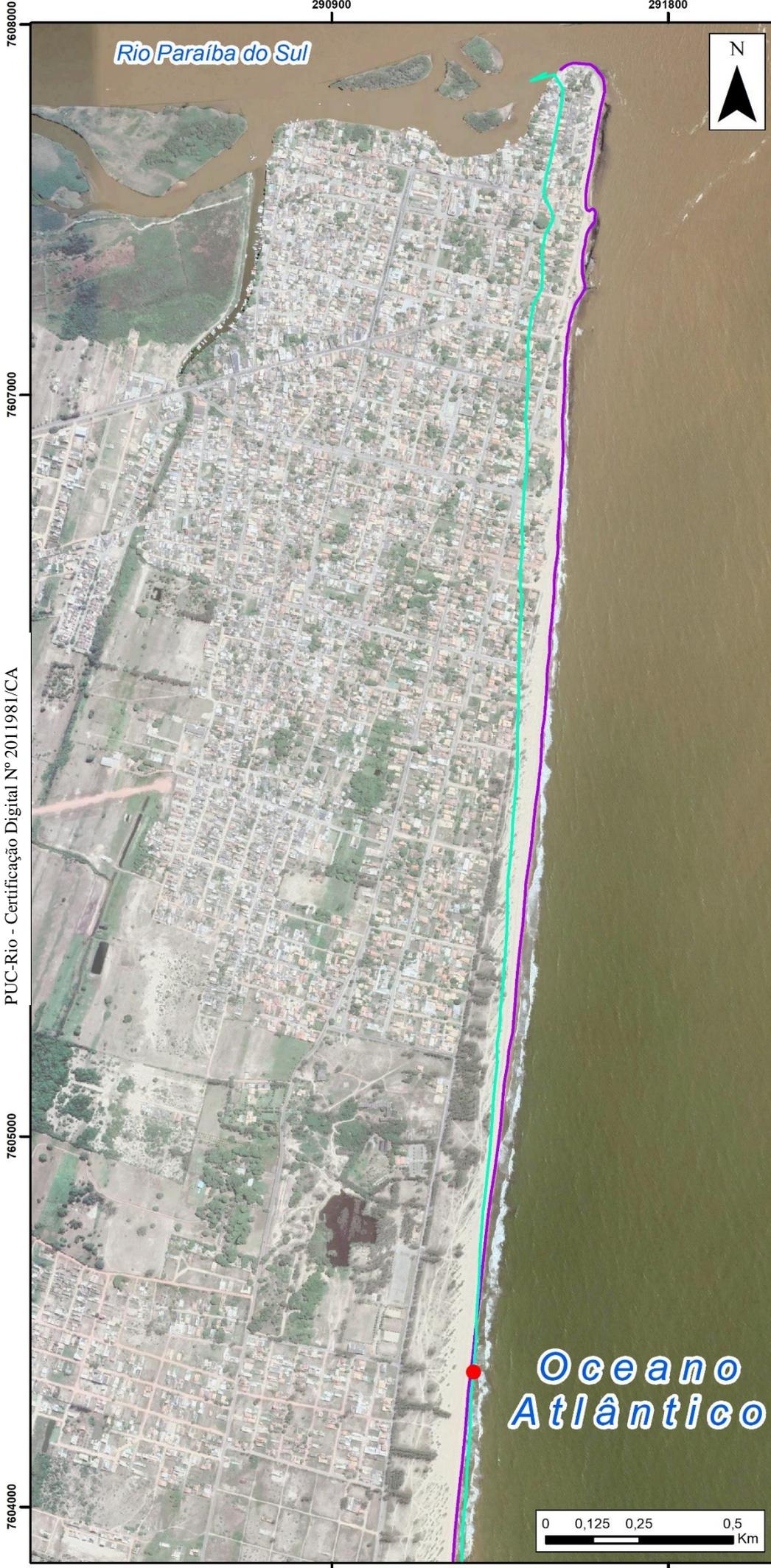
DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03





7609000
7607000
7605000
7604000

PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

290900 291800

290900 291800

MAPA 10

Linha de Costa Futura: 25 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 25 anos

Escala
1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

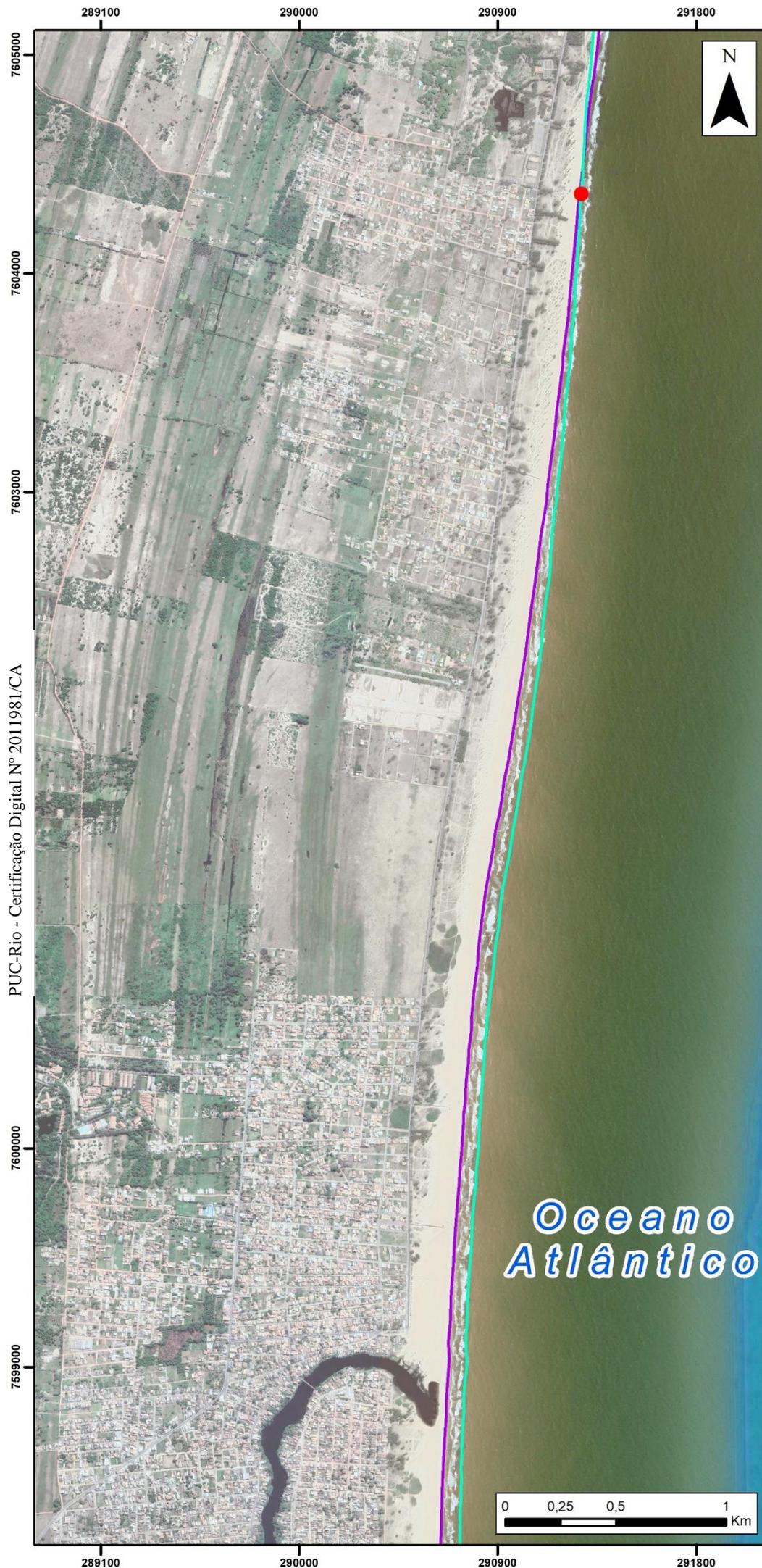
Mapa 02/03



Rio Paraiba do Sul



Oceano Atlântico



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 2011981/CA

MAPA 10

Linha de Costa Futura: 25 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 25 anos

Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



4.2.6. Cenário futuro +30 anos

No cenário futuro delineado para +30 anos, a dinâmica progradacional foi responsável por mobilizar 65% dos sedimentos, sendo equivalente a mobilização de +513.096,18 m² em área, já a dinâmica erosiva removeu cerca de -275.083,41 m² (Tabela 10). No período de 30 anos analisado, a taxa linear obteve uma média de -83,52 m nas áreas erodidas e de +75,33m nas áreas progradantes, representando uma velocidade média de -2,78m/ano na região da praia de Atafona e +2,51 m/ano na praia de Grussaí, já a taxa linear máxima encontrada foi de -161,10m erodidos próximo ao pontal de Atafona e de +127,10m progradados em Grussaí (Figura 33 e Mapa 11. Linha de costa futura: 30 anos).

Tabela 10. Dados quantitativos referentes à dinâmica erosiva e progradacional entre o período de 2022 e o cenário futuro de +30 anos.

2022 +30 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-275.083,41	+513.096,18
Taxa Linear Média Anual (m)	-83,52	+75,33
Taxa Linear Máxima (m)	-161,10	+127,10
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,78	+2,51

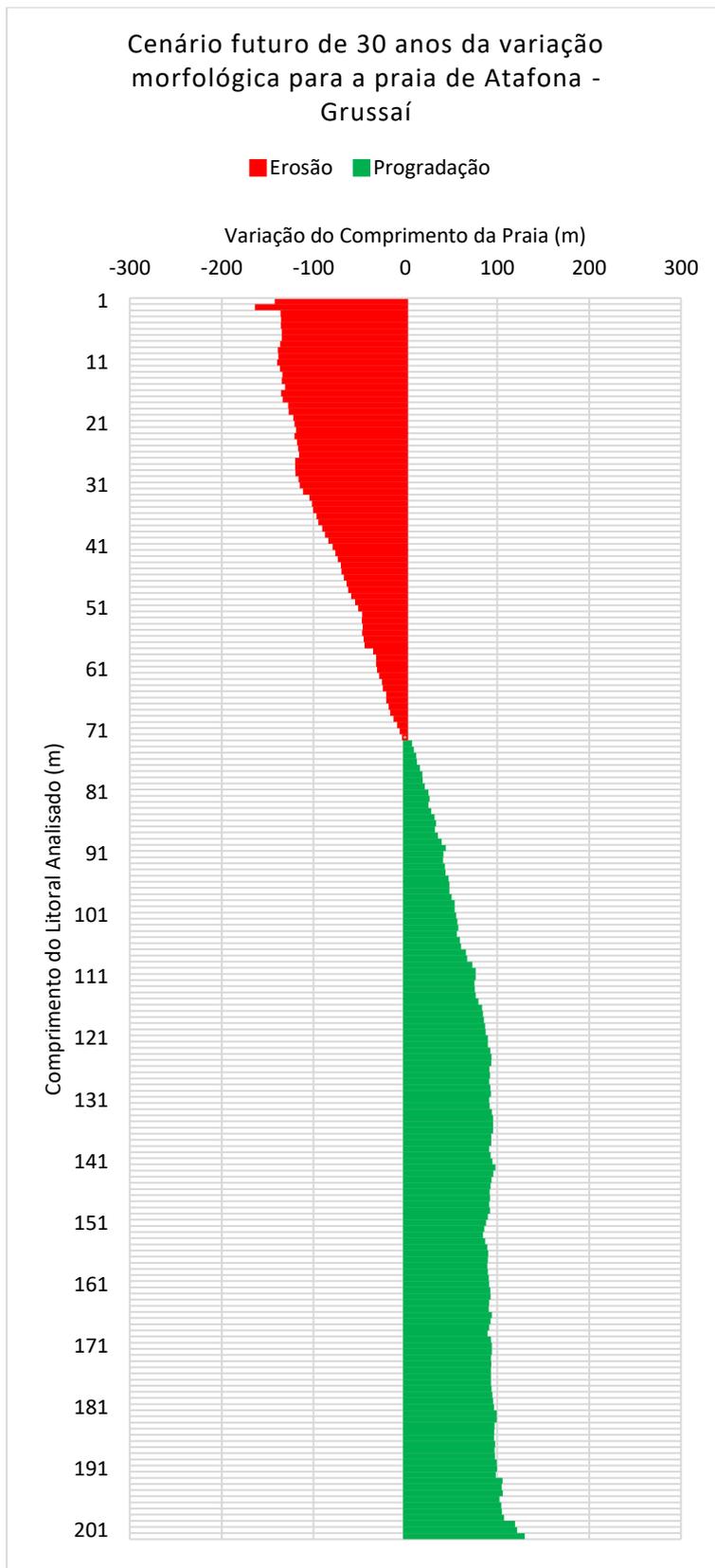


Figura 33. Taxa linear de variação morfodinâmica para o cenário futuro de 30 anos, para as praias de Atafona e Grussaí.



MAPA 11

Linha de Costa Futura: 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 30 anos

Escala
1:35.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 01/03



7609000

290900

291800

Rio Paraíba do Sul



MAPA 11

Linha de Costa Futura: 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 30 anos

Escala
1:15.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 02/03

Oceano Atlântico



PUC-Rio - Certificação Digital N° 2011981/CA

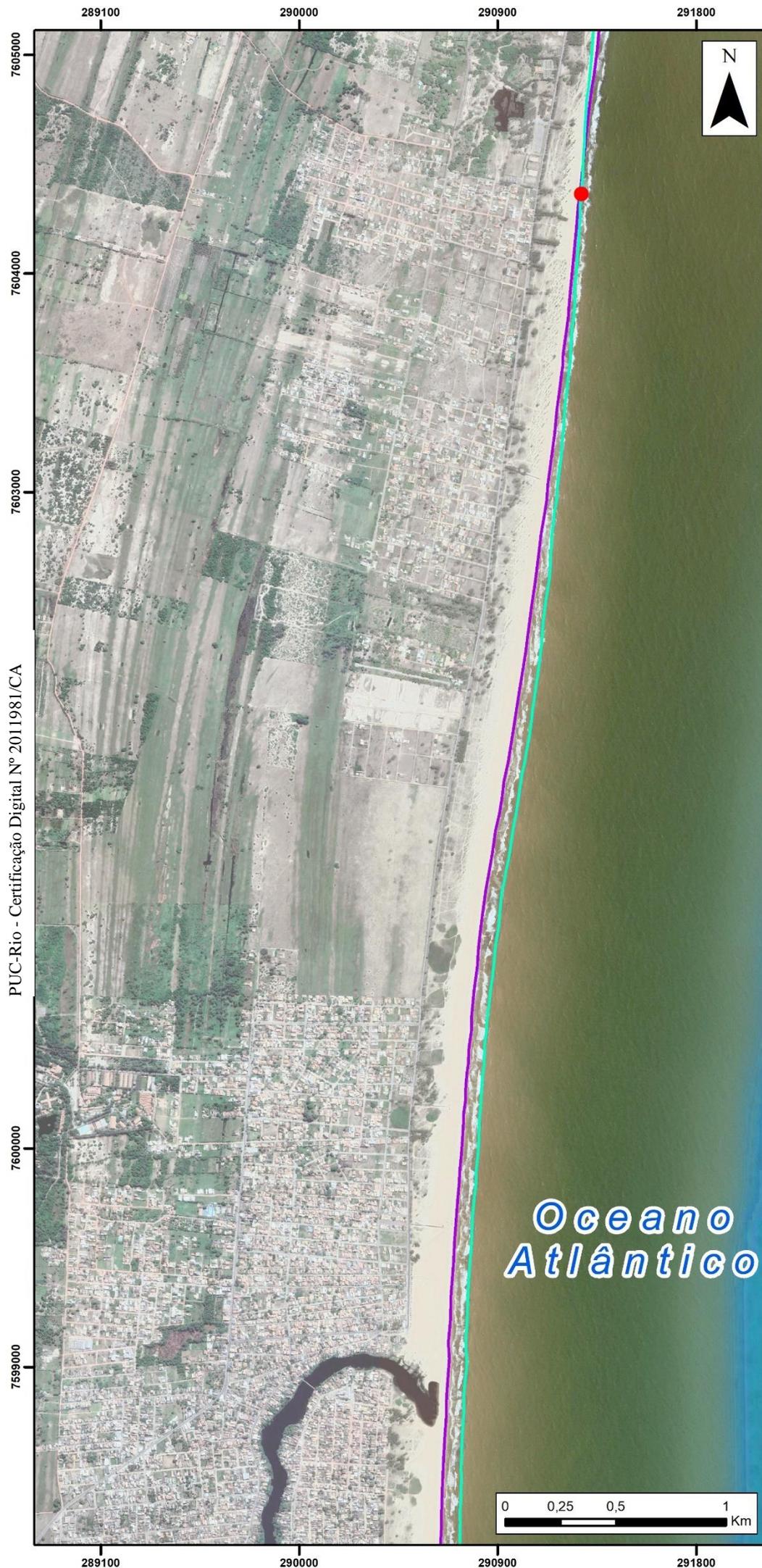
7606000

7604000

290900

291800





PUC-Rio - Certificação Digital Nº 2011981/CA

MAPA 11

Linha de Costa Futura: 30 anos

Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

- Ponto de Inflexão
- Linha de Costa Atual (2022)
- 30 anos

Escala
1:25.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)

Mapa 03/03



4.2.7. Panorama Geral

Para uma visão geral possibilitando uma comparação mais clara entre os cenários futuros, foram elaborados as **Tabelas 11 e 12** apresentando as áreas de erosão e progradação e as taxas lineares máximas e médias para cada cenário. A partir da leitura das tabelas, é possível ter um melhor entendimento do desenvolver da dinâmica para os cenários.

Tabela 11. Área total, erodida e progradada para os cenários futuros de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos.

Períodos de Análise	Área (m ²)		
	Erosão	Progradação	Total
+ 5 anos	46.328,24	81.170,52	127.498,76
+ 10 anos	92.445,62	162.144,25	254.589,87
+ 15 anos	138.315,07	243.809,09	382.124,15
+ 20 anos	183.969,66	324.245,63	508.215,30
+ 25 anos	229.364,26	406.533,91	635.898,17
+ 30 anos	275.083,41	513.096,18	788.179,59

Tabela 12. Taxa linear média e máxima para os cenários futuros de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos para as dinâmicas erosivas e progradantes.

Cenários Futuros	Taxa Linear Média (m)		Taxa Linear Máxima (m)	
	Erosão	Progradação	Erosão	Progradação
5 anos	-13,92	+12,55	-26,85	+21,20
10 anos	-27,84	+25,11	-53,70	+42,40
15 anos	-41,76	+37,66	-80,55	+63,60
20 anos	-55,68	+50,22	-107,40	+84,80
25 anos	-69,60	+62,77	-134,25	+106,10
30 anos	-83,52	+75,33	-161,10	+127,10

A taxa de velocidade média estabelecida para a dinâmica entre o período de 2022 e os cenários futuros de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos foi de -2,78m/ano para o processo erosivo e de +2,51m/ano para o processo progradante. Os maiores valores de taxa linear erosiva estão localizados no Pontal de Atafona (**Mapa 5. Linhas de costa futuras: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 anos – 01/03**) é possível visualizar que essa região é a mais afetada pelo fenômeno erosivo.

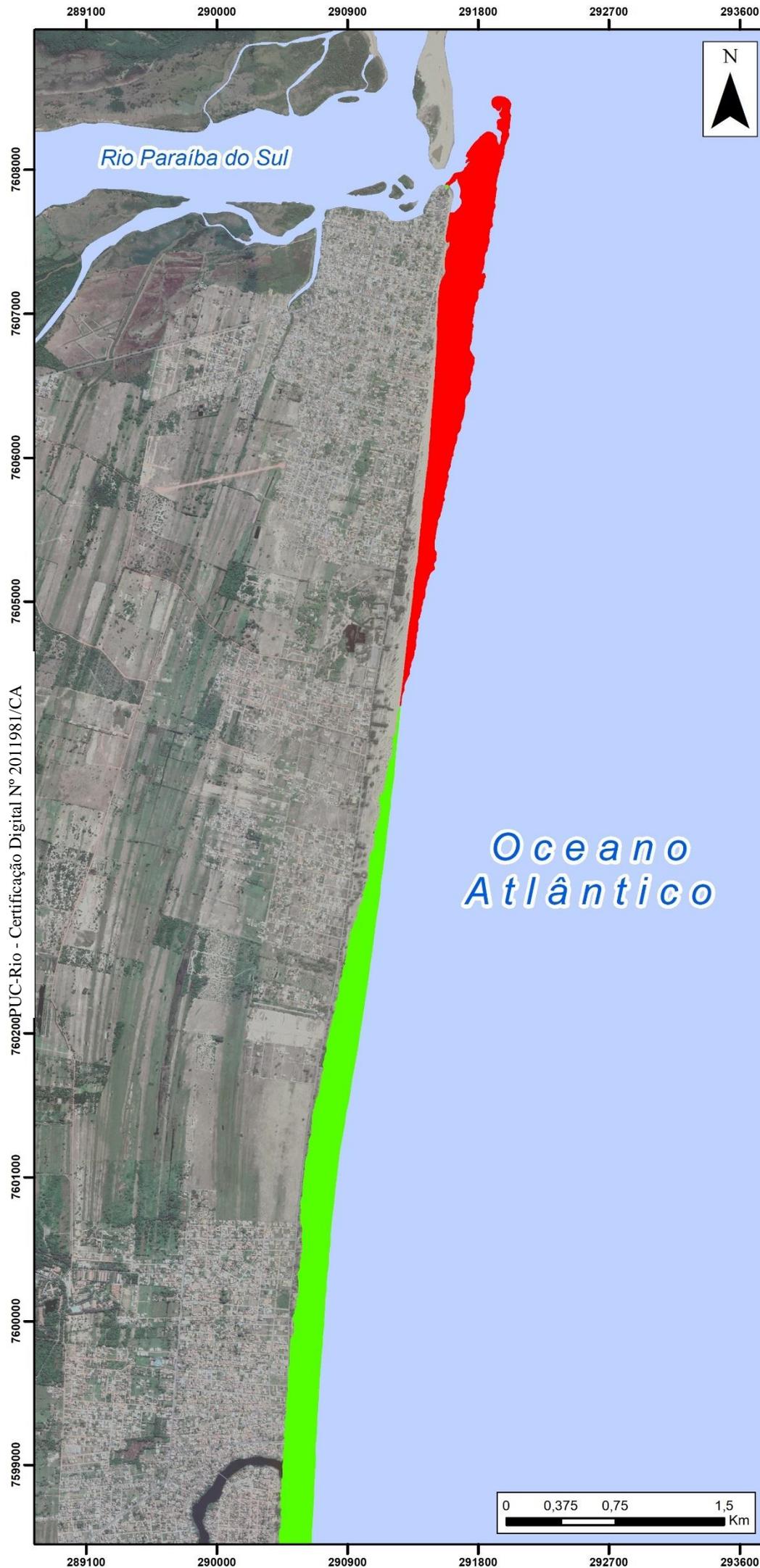
4.3. Discussão

As análises iniciais realizadas permitiram identificar sobre o recorte temporal total observado (1954 – 2022) dois setores com tendência de comportamento dinâ-

mico distintos. Um dos setores identificados, está localizado mais ao norte, nas proximidades do distrito de Atafona (junto à foz do rio Paraíba do Sul), onde se observa a perda de terreno devido à predominância do recuo da linha de costa em direção ao continente e o estabelecimento de um intenso processo erosivo nas últimas décadas.

No distrito de Grussaí, mais ao sul e no mesmo segmento praiial, um franco processo de acreção sedimentar se reflete na progradação da praia (**Tabela 13 e 14, Figura 34 e Mapa 12. Variação morfodinâmica entre 1954 e 2022**). A caracterização desta tendência geral está coerente e corrobora os estudos anteriormente realizados na região (BASTOS, 1997; BASTOS e SILVA, 2000; RIBEIRO *et al.* 2005; SANTOS, 2006, LUIJENDIJK *et al.*, 2018 e ROCHA *et al.* 2018; VASCONCELOS *et al.*, 2021).

No período entre 1954 e 2022, o processo de retrogradação foi responsável por erodir uma área de 722.236,01 m². Já o trecho em progradação representou a acreção de uma área corresponde a 1.049.329,22 m². A taxa média de variação linear associada à erosão para o período ficou em 170,28 m, enquanto a de progradação foi de 170,28 m. Embora os valores médios já indiquem o estabelecimento de processos bastante intensos, a análise da variação linear máxima mostra que, em alguns pontos do litoral, os valores de recuo da linha de costa chegaram a atingir -267,79 m, enquanto os de progradação alcançaram até +229,08 m (**Tabela 14**). Para o período analisado foi calculada a velocidade média do processo erosivo de -2,50 m/ano e +2,50 m/ano para o processo progradante.



MAPA 12

**Varição
Morfodinâmica
1954 a 2022**

**Mapas de
Referência**



Rio de Janeiro



**Praias de
Atafona e Grussaí**

Legenda

- Morfodinâmica**
- Erosão
 - Progradação

Escala
1:38.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth Pro (2022)



Tabela 13. Tabela síntese da dinâmica costeira mapeada a partir da comparação de imagens e fotografias aéreas para diferentes épocas. Foram obtidos valores de áreas envolvidas em cada processo (medida em metros quadrados - m²); taxa média de variação linear da linha de costa (em metros - m) e velocidade média dos processos em curso (expressa em metros por ano – m/ano).

Períodos de Análise	Área (m ²)		Taxa Média (m/ano)		Velocidade Média (m/ano)	
	Erosão	Progradação	Erosão	Progradação	Erosão	Progradação
1954-1964	147.757,20	349.339,83	-29,26	+63,88	-2,93	+6,39
1964-1974	66.483,94	197.003,81	-8,71	+19,78	-0,87	+1,98
1974-1976	299.181,18	3.296,17	-26,05	+2,89	-13,03	+1,45
1976-2000	297.710,31	605.544,50	-83,89	+90,44	-3,50	+3,77
2000-2005	86.444,60	104.592,47	-21,70	+11,71	-4,34	+2,34
2005-2007	230.858,56	5.494,36	-17,83	0,00	-8,92	0,00
2007-2008	12.922,60	107.946,87	-6,64	+12,28	-6,64	+12,28
2008-2016	40.018,62	331.414,50	-58,61	+33,11	-7,33	+4,14
2016-2017	210.923,22	4.175,59	-21,25	+1,30	-21,25	+1,30
2017-2019	45.656,15	43.378,52	-8,07	+8,54	-4,03	+4,27
2019-2020	26.634,57	168.905,65	-8,07	+8,54	-8,07	+8,54
2020-2021	26.893,84	147.277,20	-5,37	+7,98	-5,37	+7,98
2021-2022	312.899,43	4.684,58	-9,83	+2,30	-9,83	+2,30
1954-2022	722.236,01	1.049.329,22	-170,27	+170,28	-2,50	+2,50

Embora a tendência geral reflita essa divisão, a análise realizada entre intervalos de tempo menores permitiu identificar que os processos não ocorrem de forma contínua e nem com a mesma intensidade ao longo do tempo. Em alguns períodos, a divisão do litoral em dois setores com comportamentos dinâmicos distintos é substituída ocasionalmente pelo predomínio de um único comportamento morfodinâmico ao longo de toda a costa. Santos (2006), a partir de observações sobre fotografias aéreas entre 1964, 1974 e 1976, já havia identificado esse comportamento. Com a expansão do intervalo de observação até 2022 foi possível identificar que o fenômeno é recorrente e está presente também nas observações realizadas entre imagens de 2005-2007, 2008-2016, 2016-2017 e 2021-2022.

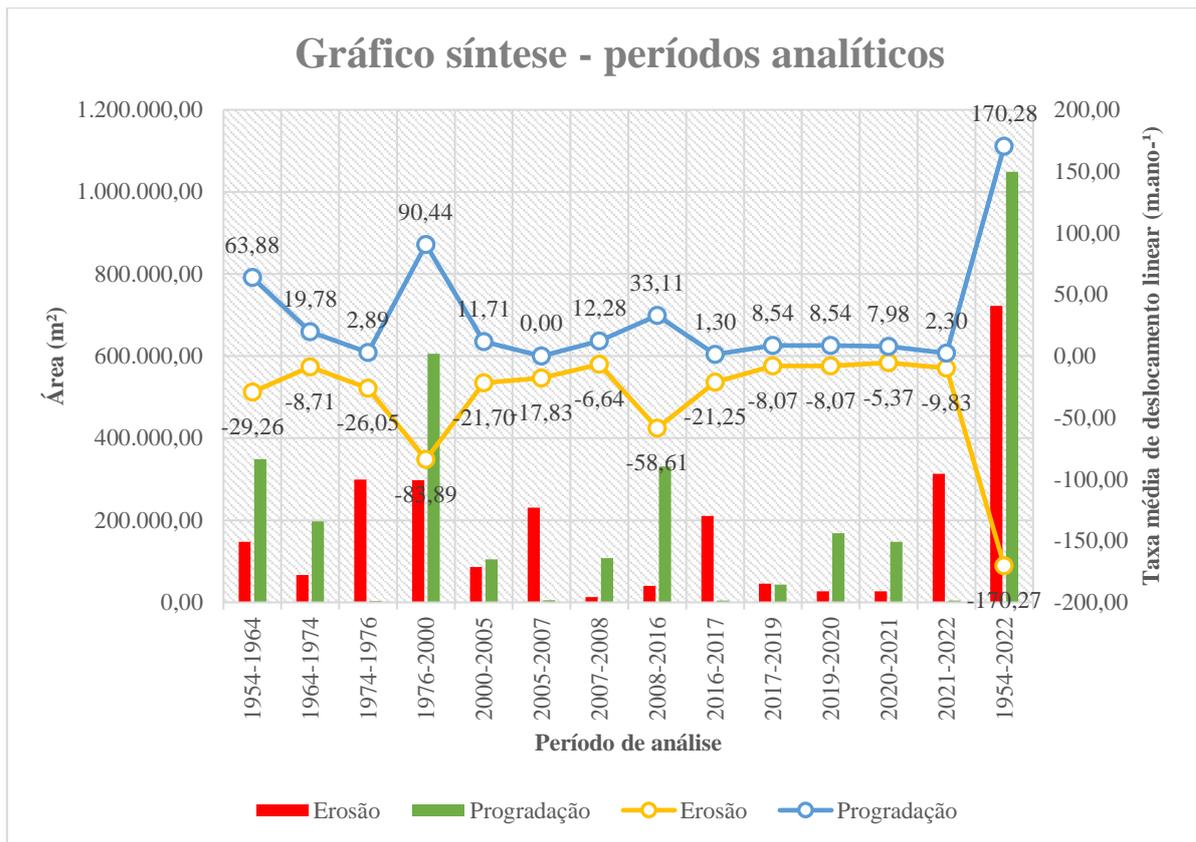


Figura 34. Gráfico síntese representativo da dinâmica observada na área de estudo dentre todos os períodos analíticos.

Tabela 14. Tabela representativa dos valores de erosão e progradação linear máxima por período.

Períodos de Análise	Taxa Linear Máxima (m)	
	Erosão	Progradação
1954-1964	-75,7	+98,08
1964-1974	-24,26	+58,34
1974-1976	-60	+8,58
1976-2000	-143,01	+25,48
2000-2005	-43,48	+134,02
2005-2007	-55,34	0
2007-2008	-13,88	+34,58
2008-2016	-58,31	+65,48
2016-2017	-53,51	+1,89
2017-2019	-33,25	+74,74
2019-2020	-33,25	+74,74
2020-2021	-161,5	33,51
2021-2022	-310,07	6,69

Períodos de Análise	Taxa Linear Máxima (m)	
	Erosão	Progradação
1954-2022	-267,79	229,08

Considerando que a dinâmica tenha um ciclo de cerca de 100 anos, como o sugerido por Rocha *et al.* (2019), ao somar os dados das análises entre o já observado para o período entre 1954 e 2022, e os dados gerados para o cenário futuro de +30 anos, temos uma estimativa de como possivelmente a linha de costa se encontrará na ocasião do encerramento do ciclo erosivo atual. Estima-se que após esse momento, ocorra um período de estabilidade e/ou construção, visto que esses é um padrão já conhecido na região, como apontado por Almeida *et al.* (2005) (**Figura 14**).

No comparativo entre as duas linhas de costa geradas (1954 e cenário futuro +30 anos) essa é afetada pelo fenômeno erosivo em 39% da sua extensão. Dentro desse período, cerca de 981.781,81 m² em área de sedimentos terá sido mobilizado pela dinâmica erosiva, tendo uma taxa linear média de -245,52 m ao longo do período observado. Já a dinâmica progradante ocorrerá em 69% da extensão da linha de costa, na qual sedimentará em torno de 1.542.539,29 m² em área, com uma taxa linear média de +247,11 m (**Tabela 15, Figura 35 e Mapa 13. Variação morfodinâmica futura: 1954 e +30 anos**).

Tabela 15. Dados quantitativos referentes ao período de 1954 e cenário futuro de +30 anos da dinâmica erosiva e progradacional entre as praias de Atafona e Grussaí.

1954 – Cenário +30 anos		
	Dinâmica	
	Erosão	Progradação
Área Total (m ²)	-981.781,81	+1.542.539,29
Velocidade Média Anual (m ²)	-2,51	+2,52
Taxa Linear Média Anual (m)	-245,52	+247,11
Taxa Linear Máxima (m)	-440,48	+323,13

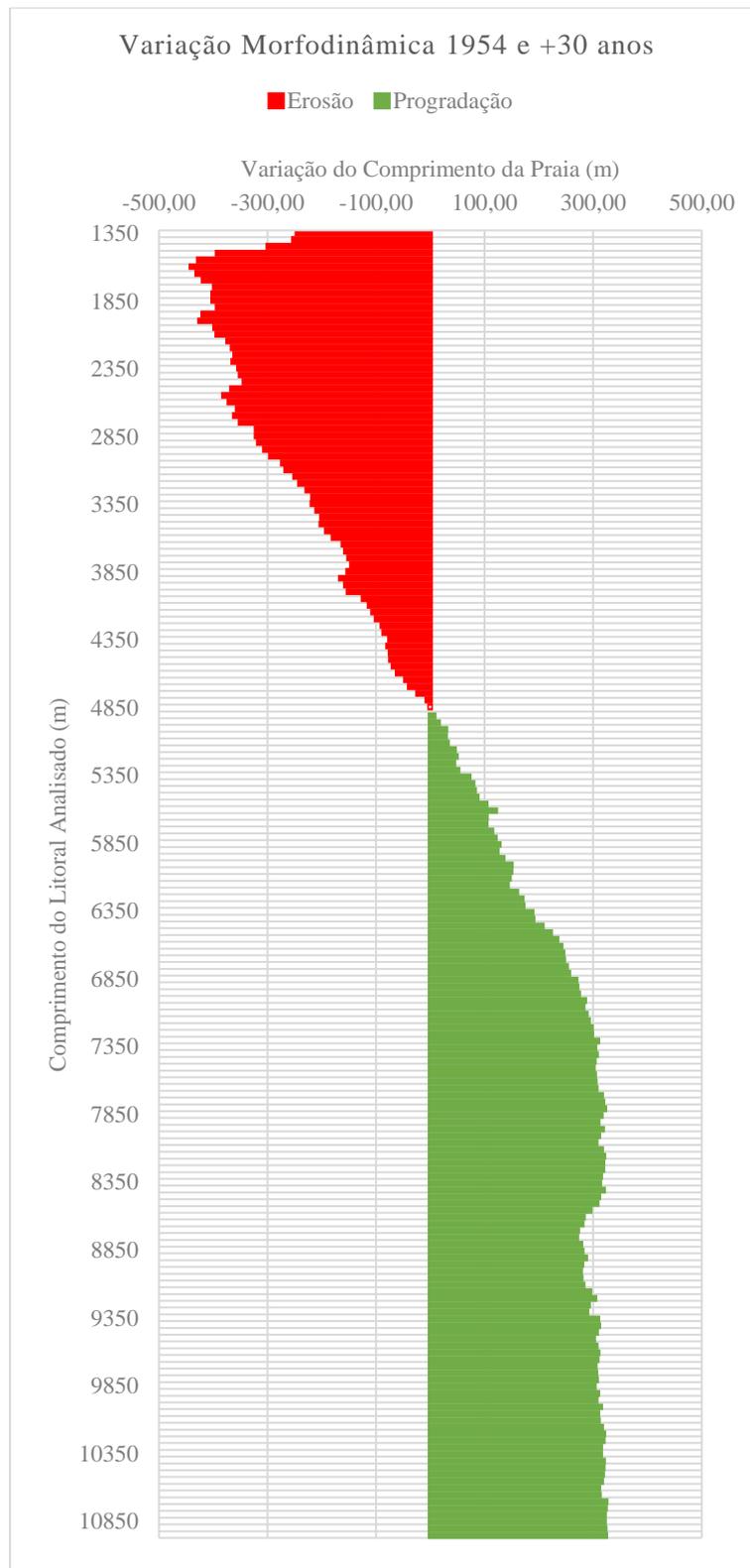


Figura 35. Variação morfo-dinâmica para o período de 1954 até 2052 (cenário +30 anos) para as praias de Atafona e Grussaí.¹

¹ Foi necessário realizar uma modificação no eixo vertical do gráfico afim de possibilitar a visualização da variação com comprimento linear em toda a sua extensão.

É importante ressaltar que, como o pontal de Atafona é extremamente dinâmico, ele não é incluso nos cálculos, tanto em parte de taxas como na própria TEC. Para todos os cálculos e análises se faz necessário a interseção de todas as linhas de costa (Figura 36), ou seja, praticamente toda a movimentação erosiva e construtiva do pontal é descartada dos cálculos de área.

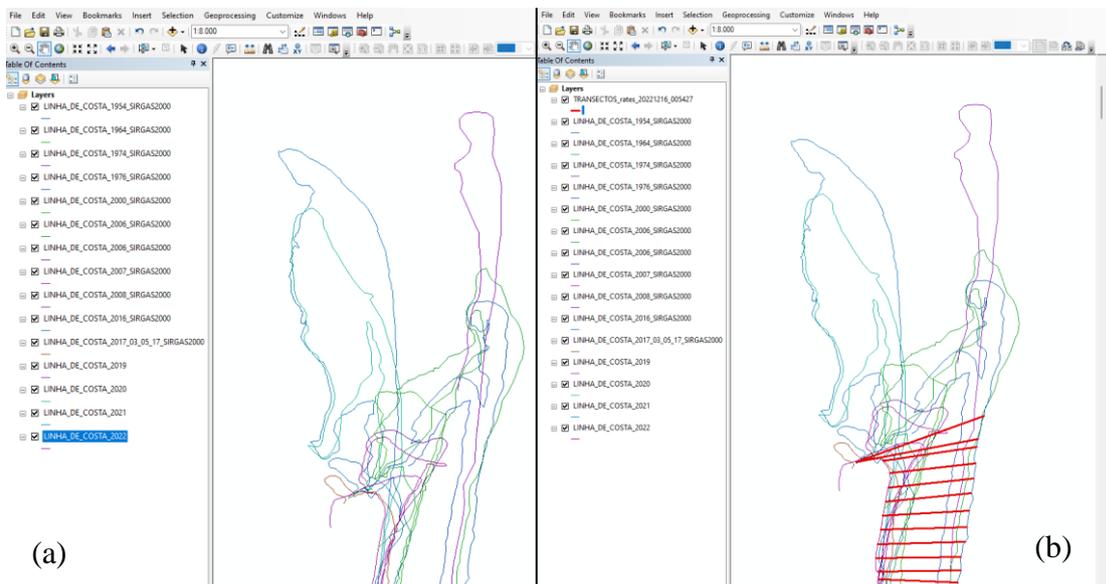
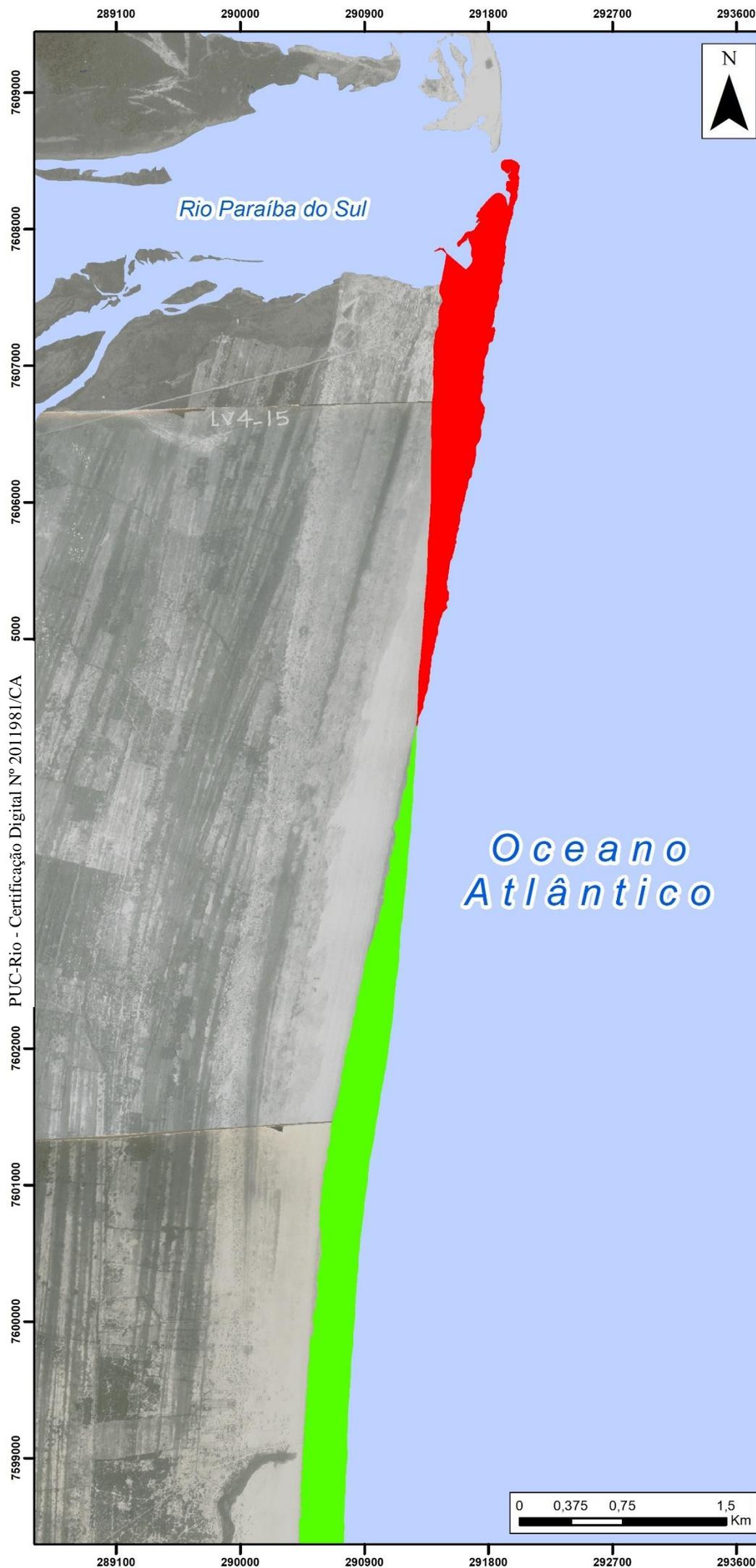


Figura 36. Na figura (a) são todos os formatos que o Pontal de Atafona já apresentou nas datas trabalhadas, já na figura (b) podemos observar os transectos delimitados pela ferramenta DSAS para o cálculo da TEC, o 1 transecto é delineado apenas onde há interseção entre todas as linhas apresentadas e assim sucessivamente, ou seja, a dinâmica erosiva e construtiva do pontal em sua maior parte não entrar para a base de cálculo.



MAPA 13

**Varição
Morfodinâmica
1954 e +30 anos**

**Mapas de
Referência**



Rio de Janeiro



**Praias de
Atafona e Grussaí**

Legenda

Morfodinâmica

- Erosão
- Progradação

Escala
1:40.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
DHN (1954)



NEAC
PUC Rio



PUC
RIO



4.4. Conclusão

A partir dos resultados encontrados através das análises realizadas sobre a série histórica de imagens coletadas atualizadas para compor análise feita por Vasconcelos *et al.* (2021), assim como os cálculos executados, permite-se afirmar que a dinâmica erosiva sobre a região da praia de Atafona e a progradação mensurada em Grussaí continuam ocorrendo até os dias atuais conforme o delineado por diversos outros trabalhos publicados, como Bastos e Silva (2000), Ribeiro *et al.* (2004); Argento e Costa (2005), Almeida *et al.* (2005), Fernandez *et al.* (2006), Ribeiro *et al.* (2006); Santos (2006) entre outros. A contribuição do presente trabalho encontra-se na atualização do monitoramento das dinâmicas erosivas e progradantes na região, assim como projeção de cenários futuros para o auxílio de um melhor planejamento urbano para a região pelos órgãos competentes.

Por fim, a presente pesquisa conseguiu atingir os objetivos a que se propôs inicialmente, preenchendo importantes lacunas associadas a um melhor entendimento de como estava ocorrendo a dinâmica costeira no trecho de interesse do litoral e auxiliando o planejamento urbano através da disponibilização dos dados de projeção de cenários futuros ao meio público. Produzindo mapas temáticos, além de uma série de dados quantitativos.

5 Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017.

ALMEIDA, G. A. *et al.* Estratigrafia do quaternário da planície deltaica ao sul do rio Paraíba do Sul. RJ. In: **IX Simpósio de Geologia do Sudeste RJ**. Rio de Janeiro, 2005.

ALMEIDA, G. A. *et al.* Estratigrafia do quaternário da planície deltaica ao sul do rio Paraíba do Sul. RJ. In: **IX Simpósio de Geologia do Sudeste RJ**. Rio de Janeiro, 2005.

ARGENTO, M. S. F.; COSTA, D. T. M. A., Os impactos socioambientais da praia de Atafona – litoral norte fluminense Anais. **X Encontro de geógrafos da América Latina**. Universidade de São Paulo.2005.

ÂNGULO, R. J.; Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR. jul./dez. 2004.

ASHTON, A. D.; GIOSAN, L. Wave-angle control of delta evolution. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. 1- 6. 2011.

ASHTON, A.; MURRAY, A. B. Delta simulations using a one-line model coupled with overwash. **Proceedings of Coastal Dynamics**. ASCE. 2005.

AZEVEDO, M. V. H. **Atafona, patrimônio mar adentro: Formação, planejamento e destruição do Balneário de Atafona – RJ**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades). Universidade Candido Mendes, 2004.

BASTOS, A. C.; SILVA, C. G. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48(1):41-60, 2000.

BIRD, E. *Coastline Changes*. New York, **John Wiley and Sons**, 219 p. (1985).

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**. 2005, 21 (4), pp. 688–703

BULHÕES, E. M. R. Erosão costeira e avanço do mar na localidade de Atafona. Causas, consequências e propostas de intervenção. **Relatório Técnico N° 01/2018 apresentado a Defensoria Pública do Estado do Rio de Janeiro**. Núcleo de Primeiro Atendimento da Comarca de São João da Barra – RJ. Geo Costeira - Unidade de Estudos Costeiros. Departamento de Geografia de Campos. Universidade Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes. 38p. (2018).

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – CEIVAP. **Dados Gerais**. [20--]. Disponível em <<http://www.ceivap.org.br/dados-gerais.php>> Acessado em 26 jun. 2019.

CUNHA, J. B.; **Atafona: formas de sociabilidade em um balneário na região norte-fluminense**. Dissertação (Mestrado em Antropologia). Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2007.

DARWISH, K. *et al.* Geomorphological Changes along the Nile Delta Coastline between 1945 and 2015 Detected Using Satellite Remote Sensing and GIS. **Journal of Coastal Research**. 2017.

DOMINGUEZ, J. M. L., Deltas dominados por ondas: críticas as ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 20, n. 1-4.1990.

DOMINGUEZ, J. M. L., *et al.*; Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo. 1981.

DOMINGUEZ, J. M. L. *et al.* O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rio São

Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo. 1983.

FARIA, E. G. G.; MAIA, L. P. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Gestão Costeira Integrada**. 2010.

FERNANDEZ, G. B. *et al.*, Morfologia e dinâmica da praia entre Atafona e Grussaí, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia. 2006.

FERNANDEZ, G. B. *et al.*, Modelo morfológico da origem e evolução das dunas na foz do rio Paraíba do Sul, RJ. **Anais - VII SINAGEO**. Belo Horizonte (MG). 2008.

FERNANDEZ, G. B. *et al.* Evolução morfodinâmica de planícies costeiras: do Quaternário aos eventos atuais. In: Carvalho Júnior, O. A. de; Gomes, M. C. V.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T (Org.) **Revisões de literatura da geomorfologia brasileira**. Cap. 12 p. 293-335. União Brasileira de Geomorfologia. Editora ICH-UnB. 2022. Disponível em <http://lsie.unb.br/ugb/livro/Cap12_Fernandez%20et%20al%20293-335%20v2.pdf> Acessado em 23 fev. 2023.

FOX-KEMPER, B., *et al.* ***Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:10.1017/9781009157896.011. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>> Acessado em 31 jan 2023.

GRINSTED, A.; CHRISTENSEN, J. H. *The transiente sensitivity of sea level rise*. **Ocean Science**, 17, 181–186, 2021

GONÇALVES, R. M. **Modelagem de tendência a curto-prazo da linha de costa através de dados geodésicos temporais utilizando regressão linear, estimativa**

robusta e redes neurais artificiais. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2010.

GRUBER, N. L. S.; *et al.* Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídio para gestão integrada da zona costeira. **GRAVEL.** Porto Alegre. 2003

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE; **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil.** IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: 2011.

KLEIN, R. J. T., **Costal vulnerability, resilience and adaptation to climate change.** Tese (Doutorado em Rer. Nat.). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2002.

KLEIN, A. H. F. *et al.*, **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno.** Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável; Laboratório de Oceanografia Costeira; Universidade Federal de Santa Catarina, Brasília: MMA, 2016.

LAMEGO, A. R. A Bacia de Campos na geologia litorânea do petróleo. **DNPM-DGM**, Bol. n. 113, 60 p. 1944.

LAMEGO, A. R. Geologia das quadriculas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexéu. **Div. Geol. Min., DNPM**, Bol. 154, Rio de Janeiro. 1955.

LAMEGO, A. R. **O homem e a restinga.** Bibli. Geogr. Bras. Conselho Nacional de Geografia do Rio de Janeiro. 1946.

LAMEGO, A. R. Restingas na Costa do Brasil. **Divisão de Geologia e Mineralogia. Boletim n. 96**, DNPM, pp. 63. 1940.

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

LINS-DE-BARROS, F. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos socioecológicos na orla urbanizada do município de Marica, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2005.

LINS-DE-BARROS, F. Tradição da Geografia nos estudos costeiros. **Mercator – Revista de Geografia da UFCC**, vol. 8, núm. 16, pp. 103-109. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Brasil. 2009.

MACHADO, K. M.; *et al.* Considerações sobre a dinâmica sedimentar governada por ondas na evolução do delta do rio Paraíba do Sul, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. **Anais - VII SINAGEO**. Belo Horizonte (MG). 2008.

MACHADO, K. M., **Dinâmica sedimentar da planície do Paraíba do Sul – RJ**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha). Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2009.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 2005.

MINIGUELLE, C. S. Pichação “Jesus está voltando” e “Apocalipse”. **Fotografia**. 2016.

MINIGUELLE, C. S. Pichação “*Until the end of the world*”. **Fotografia**. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Subsídios para um projeto de gestão: Projeto Orla**. Brasília, MMA e MPO, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno**. Elaboração Antônio Henrique da Fontoura Klein. Brasília: MMA, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, MUEHE, D. (Org.) **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília. MMA. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA**. Brasília, DF: MMA, 2018.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. cap. 6. 1994.

MUEHE, D. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. 2005.

MUEHE, D. Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade. In: GUERRA, J. A. T.; JORGE, M. C. O. (Org.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos. cap. 6, pag. 160-189. 2013.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. **O litoral do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental**. Cooperação técnica Brasil-Alemanha. Projeto PLANAGUA-SEMA-GTZ. Rio de Janeiro: FERMAR, 1998.

MUEHE, D. *et al.* Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praiar entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios/RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2011.

MUEHE, D. *et al.* Rio de Janeiro. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília, MMA. pag. 265-296. 2006.

MURILLO, V. C. **Distribuição sedimentar na plataforma continental interna e suas implicações para o desenvolvimento das cristas de praia a desembocadura do rio Paraíba do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha). Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2008.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, vol. 13, n. 27. Brasília. 2008.

NICOLODI, J.L.; PETERMANN, R. M.; Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, vol. 10, núm. 2, pp. 151-177. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa, Portugal. 2010.

PINTO, R. O. A. Casa habitada. **Fotografia**. (2018).

PINTO, R O. A. Estrutura de sustentação. **Fotografia** (2018)

PEREIRA, C.; COELHO, C.; Mapas de risco das zonas costeiras por efeito da ação energética do mar. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. vol.13 n.1. Lisboa. 2013.

POLETTE, M.; LINS-DE-BARROS, F.; Os desafios urbanos na zona costeira brasileira frente às mudanças climáticas. **Costas – Revista Iberoamericana de Manejo Costeiro Integrado**. vol. 1, n. 1. pp. 165-180. Montevideo, Uruguai. 2012.

POLETTE, M.; SILVA, L.P. GESAMP, ICAM E PNGC - análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Revista Ciência e Cultura**. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência Universidade Estadual de Campinas. 2003.

RAMIERI, E. *et al.* **Methods for assessing coastal vulnerability to climate change**. ETC CCA Technical Paper 1/2011. European Environment Agency. ETC CCA, 2011.

RIBEIRO, G. P. *et al.*; Análise espaço-temporal no suporte à avaliação do processo de erosão costeira em Atafona, São João da Barra (RJ). **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 56/02, 2004.

RIBEIRO, G. P. *et al.*; Processos costeiros: erosão em Atafona e progradação em Grussaí, São João Da Barra (RJ) – morfometria para retratação espacial desses eventos e identificação de sua tendência evolutiva. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia. 2006.

ROCHA, T. B. *et al.* Arquitetura deposicional e datação absoluta das cristas de praia pleistocênicas no complexo deltaico do Paraíba do Sul (RJ). **Brazilian Journal of Geology**. 2013.

ROCHA, T. B. *et al.* Registros de erosão e progradação revelados por radar de penetração do solo (GPR) na barreira regressiva do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (RJ). **Quaternary and Environmental Geosciences**. 2017.

ROCHA, T. B. *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**. São Paulo. 2018.

ROCHA, T. B. *et al.* Deltas dominados por ondas: trajetória conceitual, dinâmica e evolução a partir de exemplos do Complexo Deltaico Do Rio Paraíba Do Sul. In: Carvalho Júnior, O. A. de; Gomes, M. C. V.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T (Org.) **Revisões de literatura da geomorfologia brasileira**. Cap. 14 p. 366-394.

União Brasileira de Geomorfologia. Editora ICH-UnB. 2022. Disponível em <http://lsie.unb.br/ugb/livro/Cap14_da%20Rocha%20et%20al%20366-394%20v2.pdf> Acessado em 23 fev. 2023.

SANTOS, M. S. T. *et al.* Mapeamento de precisão da dinâmica costeira de curta duração em áreas de alta taxa de erosão no Nordeste do Brasil. **Revista de Geologia**, Vol. 25, HIDROSEMA-UFRN, 7- 19, 2012.

SANTOS, R. A. **Processos de erosão e progradação entre as praias de Atafona e Grussaí – RJ**. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal Fluminense. 2006.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – SEMADS. **Bacias hidrográficas e rio fluminense: síntese informativa por macrorregião ambiental**. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ de Cooperação técnica Brasil-Alemanha. Rio de Janeiro: 2001.

SILVA, J. X.; O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA RJ**. Rio de Janeiro. 2009.

SILVA JÚNIOR, J. L. P.; PEDLOWSKI, M. A. Elevação no nível médio do mar em São João da Barra, RJ, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. 87-100. 2022. Disponível em <<https://www.aprh.pt/rgci/rgci-n466.html>> Acessado em 03 de ago. de 2022.

SOUZA C.R.G., SUGUIO K., OLIVEIRA A.M.S., OLIVEIRA P.E. (Orgs.) **Quaternário do Brasil**. São Paulo, Ed. Holos, 382 p. (2005).

SOUZA, C. R. G.; A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, vol. 9, núm. 1, pp. 17-37 Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa, Portugal. 2009.

SOUZA, R. D. **Propagação de ondas para águas rasas no litoral norte fluminense**. 156 p. Dissertação (Mestrado em Geofísica e Geologia Marinha) Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, RJ. (2011).

SUGUIO, K. *et al.*; Flutuação do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15. 1985.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C.; Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia – Periódicos USP**. 2011.

VASCONCELOS, S. C. **Evolução morfológica das barreiras arenosas ao norte da desembocadura do rio Paraíba do Sul, RJ**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha). Universidade Federal Fluminense, 2010.

VASCONCELOS, S. C. **Morfoestratigrafia da planície costeira ao norte do rio Paraíba do Sul (RJ)**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, 2016.

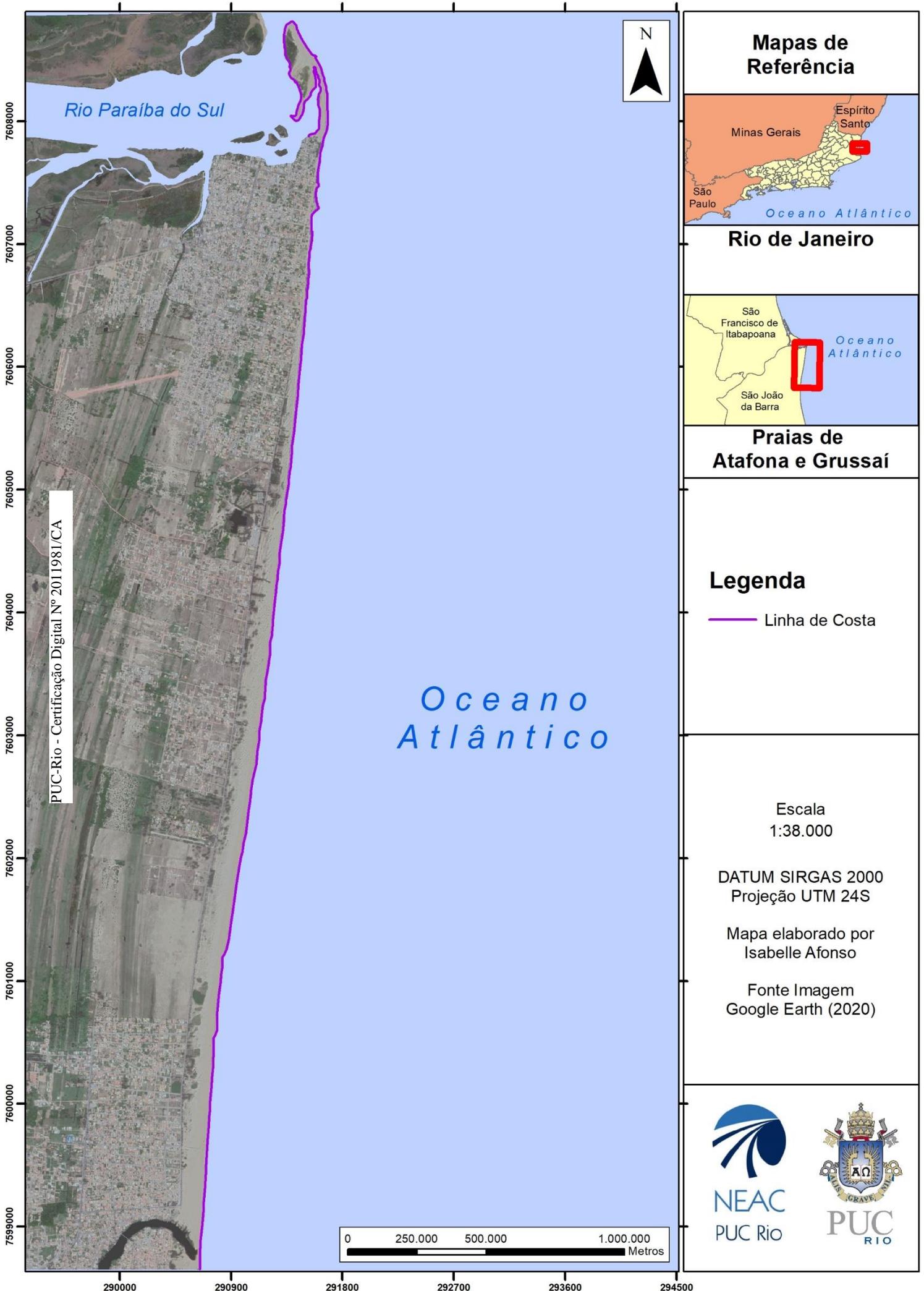
VASCONCELOS, S. C.; FERNANDEZ, G. B. Dinâmica morfológica da borda norte do atual delta do rio Paraíba do Sul, RJ. **XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA**. Rio de Janeiro. 2011.

VASCONCELOS, S. C. et al. DINÂMICA EROSIVA E PROGRADACIONAL DAS PRAIAS DE ATAFONA E GRUSSAÍ (RJ), 1954-2019. **Revista da ANPEGE**. v. 17. nº. 33, p. 162 - 182, 2021. Disponível em <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/11946/pdf>> Acessado em 08 de ago. 2022.

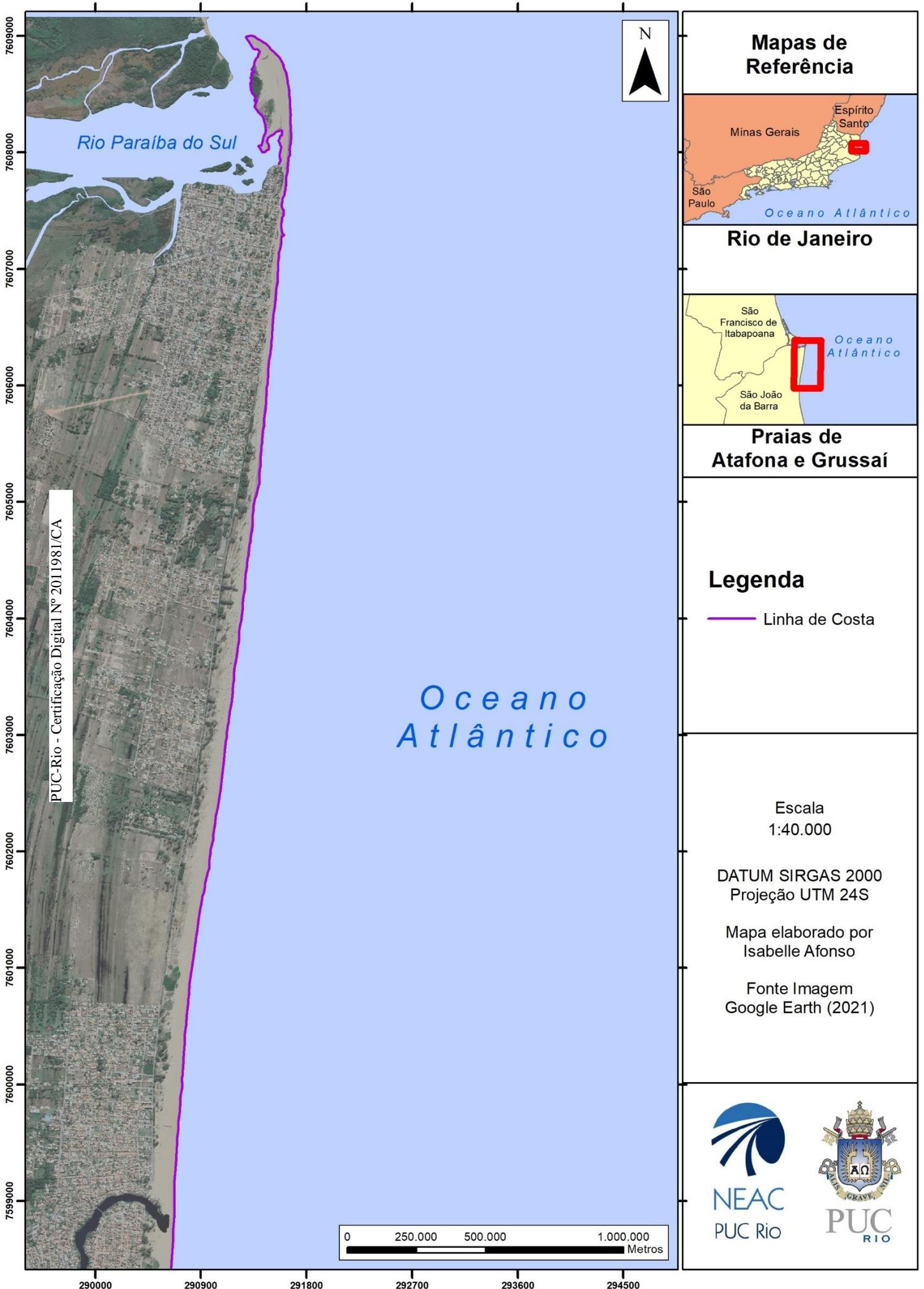
WOLTERS, M. L.; KUENZER, C. Vulnerability assessments of coastal river deltas – categorization and review. **Journal of Coastal Conservation**. 19, pages 345 – 368 (2015). Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11852-015-0396-6>> Acessado em 17 mar 2021.

Anexo 1

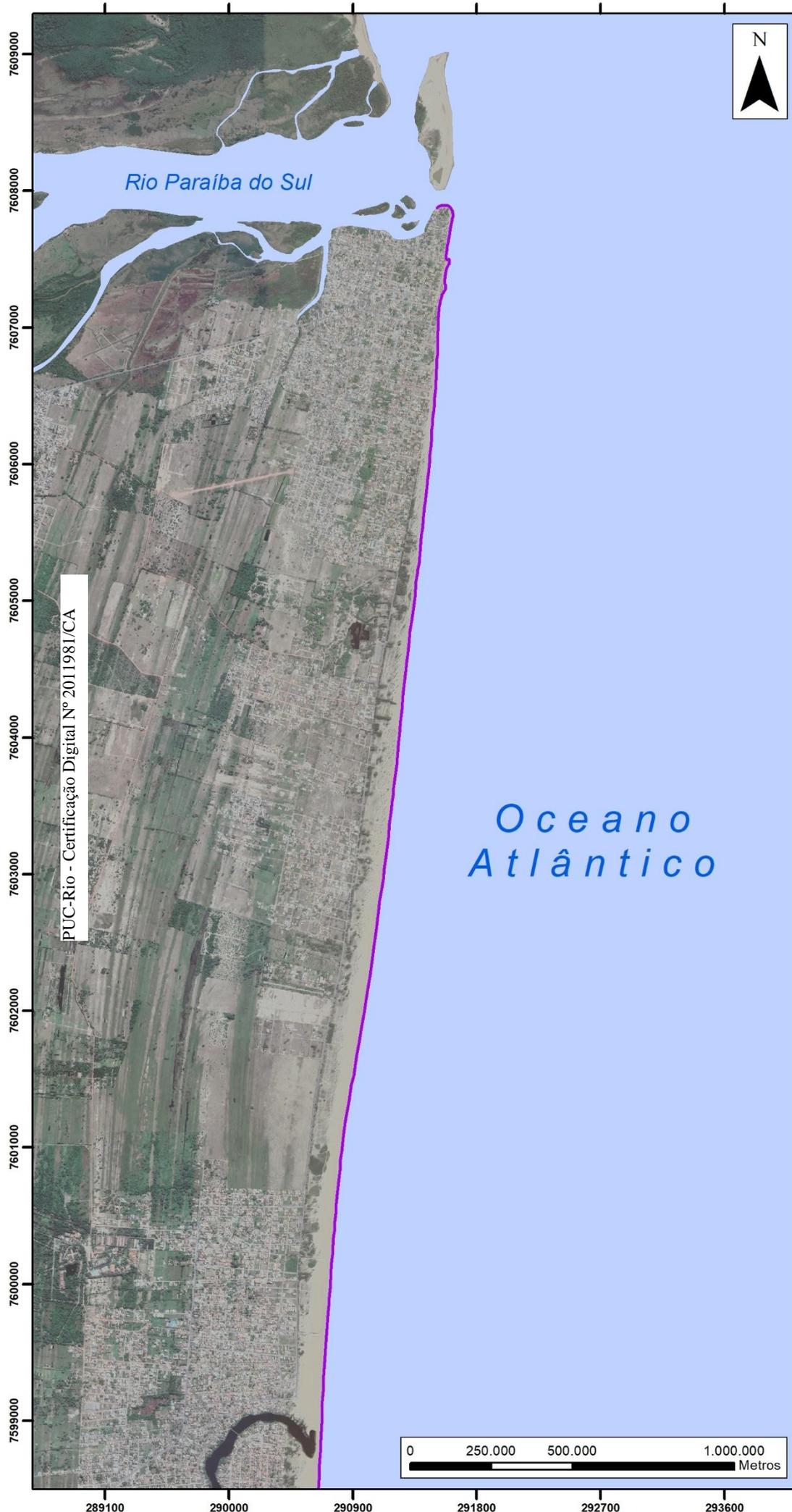
Linha de Costa - Praia de Atafona e Grussaí - 2020



Linha de Costa - Praia de Atafona e Grussaí - 2021



Linha de Costa - Praia de Atafona e Grussaí - 2022



Mapas de Referência



Rio de Janeiro



Praias de Atafona e Grussaí

Legenda

— Linha de Costa

Escala
1:40.000

DATUM SIRGAS 2000
Projeção UTM 24S

Mapa elaborado por
Isabelle Afonso

Fonte Imagem
Google Earth (2022)



Anexo 2

Tabela 16. Tabela com dados originados pelo DSAS contendo os valores originados para o LRR.

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
1	429,2871	-4,65	0,88	41,98	0,93
2	452,9418	-5,37	0,8	66,57	1,48
3	326,3712	-4,44	0,91	33,97	0,75
4	298,1219	-4,42	0,97	18,26	0,41
5	297,1389	-4,43	0,96	21,81	0,48
6	298,3408	-4,39	0,94	26,08	0,58
7	298,7234	-4,4	0,94	26,79	0,59
8	297,6189	-4,45	0,95	25,31	0,56
9	301,0385	-4,54	0,95	25,44	0,56
10	294,8463	-4,52	0,95	25,93	0,58
11	286,9918	-4,56	0,93	30,22	0,67
12	274,996	-4,46	0,94	28,3	0,63
13	264,0463	-4,37	0,93	29,1	0,65
14	269,1656	-4,39	0,93	30,38	0,67
15	258,1102	-4,27	0,91	33,51	0,74
16	274,309	-4,42	0,93	30,03	0,67
17	289,2993	-4,36	0,94	26	0,58
18	267,9755	-4,16	0,93	27,26	0,6
19	269,8727	-4,14	0,94	25,76	0,57
20	265,0571	-3,97	0,92	28,43	0,63
21	256,6408	-3,93	0,93	27,12	0,6
22	250,3217	-3,88	0,93	26,94	0,6
23	248,9115	-3,93	0,93	25,51	0,57
24	239,7503	-3,84	0,93	25,68	0,57
25	235,8861	-3,8	0,93	26,17	0,58
26	235,6073	-3,76	0,92	27,19	0,6
27	245,0185	-3,91	0,93	26,91	0,6
28	262,7336	-3,91	0,92	27,64	0,61
29	256,69	-3,9	0,93	25,09	0,56

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
30	243,7676	-3,79	0,93	25,63	0,57
31	248,4307	-3,74	0,93	24,94	0,55
32	246,6757	-3,62	0,94	21,91	0,49
33	222,5763	-3,39	0,94	21,38	0,47
34	217,8289	-3,3	0,94	19,47	0,43
35	221,2593	-3,26	0,94	19,89	0,44
36	212,8779	-3,13	0,94	18,75	0,42
37	203,7168	-3,07	0,95	17,67	0,39
38	189,031	-2,93	0,94	17,89	0,4
39	181,948	-2,83	0,94	18,02	0,4
40	171,5489	-2,7	0,93	17,93	0,4
41	164,8567	-2,55	0,93	16,48	0,37
42	155,7718	-2,45	0,94	15,22	0,34
43	150,2844	-2,36	0,93	15,5	0,34
44	148,5561	-2,25	0,95	13,15	0,29
45	142,4526	-2,23	0,92	15,98	0,35
46	137,7117	-2,14	0,92	15,09	0,33
47	132,9564	-2,04	0,93	13,62	0,3
48	134,4204	-1,99	0,93	13,53	0,3
49	127,536	-1,88	0,93	12,52	0,28
50	116,179	-1,73	0,91	13,05	0,29
51	109,5059	-1,62	0,91	12,08	0,27
52	106,7447	-1,48	0,86	14,6	0,32
53	103,8296	-1,49	0,89	12,9	0,29
54	104,7613	-1,45	0,91	11,25	0,25
55	125,5219	-1,48	0,9	11,91	0,26
56	120,8854	-1,42	0,89	12,07	0,27
57	122,4577	-1,39	0,86	13,74	0,3
58	94,43392	-1,08	0,8	13,3	0,3
59	84,20155	-0,97	0,74	14,15	0,31
60	75,88431	-0,97	0,82	10,93	0,24
61	78,62984	-0,93	0,82	10,63	0,24
62	69,04504	-0,86	0,77	11,51	0,26

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
63	65,67418	-0,76	0,69	12,46	0,28
64	66,38481	-0,72	0,66	12,65	0,28
65	65,69589	-0,6	0,51	14,43	0,32
66	60,93256	-0,6	0,6	11,88	0,26
67	58,73351	-0,52	0,6	10,39	0,23
68	60,80545	-0,46	0,47	11,98	0,27
69	55,56312	-0,34	0,27	13,51	0,3
70	46,93392	-0,21	0,12	14,01	0,31
71	45,77568	-0,12	0,04	14,1	0,31
72	51,84482	-0,03	0	15,26	0,34
73	54,21723	0,15	0,07	13,6	0,3
74	47,64471	0,21	0,16	11,86	0,26
75	49,19024	0,3	0,3	11,19	0,25
76	48,19989	0,32	0,39	9,85	0,22
77	57,66769	0,44	0,43	12,31	0,27
78	59,33986	0,52	0,5	12,59	0,28
79	64,83011	0,54	0,46	14,04	0,31
80	77,54255	0,61	0,49	15,15	0,34
81	69,80959	0,74	0,61	14,38	0,32
82	92,1912	0,79	0,53	18,28	0,41
83	87,69409	0,75	0,56	16,17	0,36
84	88,65367	0,84	0,59	17,15	0,38
85	84,29705	0,97	0,74	13,93	0,31
86	83,701	1,02	0,78	13,04	0,29
87	76,80661	0,98	0,82	11,04	0,25
88	83,56178	1,09	0,79	13,74	0,31
89	97,96139	1,22	0,85	12,71	0,28
90	108,8924	1,37	0,86	13,23	0,29
91	102,4147	1,29	0,83	14,27	0,32
92	98,95683	1,28	0,84	13,47	0,3
93	103,374	1,34	0,88	11,94	0,27
94	105,238	1,36	0,85	13,85	0,31
95	108,0463	1,47	0,86	14,25	0,32

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
96	111,8217	1,51	0,87	13,95	0,31
97	104,3981	1,51	0,92	11,22	0,25
98	111,4535	1,58	0,94	10,11	0,22
99	123,0416	1,7	0,91	13,2	0,29
100	119,9214	1,7	0,89	14,4	0,32
101	127,7878	1,75	0,87	16,31	0,36
102	122,5295	1,79	0,9	14,72	0,33
103	137,6825	1,83	0,89	15,66	0,35
104	136,0193	1,77	0,88	16,23	0,36
105	143,7085	1,88	0,88	16,93	0,38
106	146,9676	1,93	0,86	19,09	0,42
107	160,5732	2,1	0,88	18,89	0,42
108	167,9748	2,15	0,88	19,49	0,43
109	186,1138	2,34	0,9	19,53	0,43
110	193,117	2,46	0,9	19,48	0,43
111	190,0891	2,46	0,89	20,61	0,46
112	184,3508	2,41	0,89	20,54	0,46
113	183,436	2,43	0,89	20,51	0,46
114	192,7826	2,46	0,87	23,72	0,53
115	188,6597	2,56	0,89	21,39	0,47
116	208,456	2,69	0,91	20,59	0,46
117	204,3795	2,72	0,91	20,21	0,45
118	203,5885	2,76	0,93	19,11	0,42
119	206,9993	2,8	0,93	19,19	0,43
120	199,5912	2,82	0,93	18,72	0,42
121	209,0386	2,9	0,93	19,54	0,43
122	215,1034	2,9	0,93	19,31	0,43
123	220,6734	2,99	0,94	18,19	0,4
124	221,8466	3,03	0,96	15,74	0,35
125	222,1016	3,02	0,96	15,2	0,34
126	215,7253	2,96	0,96	15,32	0,34
127	218,5122	2,98	0,95	16,76	0,37
128	206,3125	2,95	0,96	14,68	0,33

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
129	208,4354	2,99	0,96	15,02	0,33
130	212,18	3,01	0,95	16,2	0,36
131	211,7472	2,95	0,95	15,81	0,35
132	217,2081	2,97	0,96	14,36	0,32
133	225	3,05	0,96	15,6	0,35
134	229,5843	3,09	0,96	15,03	0,33
135	234,0637	3,09	0,96	15	0,33
136	233,669	3,09	0,94	18,25	0,41
137	226,9373	3,02	0,94	18,47	0,41
138	223,2092	3,02	0,95	17,7	0,39
139	218,7417	2,95	0,94	18,7	0,41
140	219,9665	3	0,95	17,45	0,39
141	226,6164	3,07	0,96	15,37	0,34
142	234,5576	3,18	0,96	16,51	0,37
143	223,968	3,1	0,96	15,34	0,34
144	224,4911	3,03	0,95	17,03	0,38
145	228,3215	3	0,94	18,63	0,41
146	224,9813	2,97	0,95	17,34	0,38
147	226,5081	2,98	0,95	16,65	0,37
148	217,1861	2,95	0,96	15,28	0,34
149	219,5979	2,98	0,95	16,49	0,37
150	206,3765	2,9	0,95	16,39	0,36
151	196,4309	2,84	0,95	15,66	0,35
152	194,3063	2,77	0,96	14,49	0,32
153	184,5775	2,72	0,96	13,14	0,29
154	188,5774	2,8	0,95	15,04	0,33
155	200,0474	2,88	0,95	15,97	0,35
156	202,5913	2,91	0,95	15,98	0,35
157	199,7385	2,9	0,96	14,43	0,32
158	192,1862	2,88	0,96	14,69	0,33
159	190,2723	2,9	0,96	14,22	0,32
160	198,7595	2,93	0,97	11,5	0,26
161	201,3267	2,94	0,98	11,1	0,25

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
162	207,4635	2,99	0,98	11,29	0,25
163	217,0314	3	0,96	14,01	0,31
164	206,2379	2,94	0,97	13,29	0,3
165	210,7984	2,93	0,97	12,88	0,29
166	230,3826	3,05	0,97	13,55	0,3
167	221,2839	3	0,97	12,41	0,28
168	218,7307	2,95	0,96	14,63	0,32
169	213,9297	2,89	0,95	16,84	0,37
170	224,2176	3,01	0,95	16,51	0,37
171	224,139	3,05	0,96	15,13	0,34
172	225,6749	3,04	0,96	15,97	0,35
173	217,1174	3,01	0,95	16,71	0,37
174	215,9668	3,02	0,96	15,5	0,34
175	212,8269	3,01	0,97	13,22	0,29
176	217,0517	3,01	0,96	14,3	0,32
177	222,4938	3,01	0,96	15,44	0,34
178	214,9319	3,03	0,97	12,76	0,28
179	218,7263	3,07	0,98	11,11	0,25
180	213,2157	3,09	0,97	12,72	0,28
181	219,3781	3,12	0,97	12,24	0,27
182	225,2344	3,22	0,97	12,96	0,29
183	223,7383	3,22	0,98	10,14	0,23
184	222,5009	3,14	0,97	13,66	0,3
185	228,8083	3,13	0,96	15,19	0,34
186	223,7552	3,12	0,97	13,54	0,3
187	230,3481	3,17	0,96	15,62	0,35
188	224,0806	3,14	0,96	15,7	0,35
189	222,0536	3,15	0,95	17,24	0,38
190	225,2811	3,22	0,96	17,13	0,4
191	224,4967	3,23	0,96	16,24	0,38
192	221,3724	3,19	0,97	14,33	0,33
193	223,4244	3,43	0,98	11,75	0,34
194	221,7698	3,4	0,98	11,25	0,33

Transect ID	Shape Length	LRR	LR2	LSE	LCI90
195	218,6096	3,44	0,98	10,6	0,34
196	220,8724	3,32	0,98	10,65	0,39
197	220,4211	3,39	0,99	10,32	0,42
198	224,8393	3,41	0,98	12,83	0,52
199	47,82129	3,49	0,8	15,48	11,15
200	49,26196	3,88	0,88	12,52	9,02
201	48,49616	3,96	0,94	8,61	6,21
202	49,50377	4,24	0,98	5,76	4,15

Anexo 3

Tabela 17. Tabela com resultados para LCt, obtidos da equação para a previsão de linha de costa futura apresentada no item 3.1.3..

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Erosão	1	-4,65	-23,25	-46,5	-69,75	-93	-116,25	-139,5
Erosão	2	-5,37	-26,85	-53,7	-80,55	-107,4	-134,25	-161,1
Erosão	3	-4,44	-22,2	-44,4	-66,6	-88,8	-111	-133,2
Erosão	4	-4,42	-22,1	-44,2	-66,3	-88,4	-110,5	-132,6
Erosão	5	-4,43	-22,15	-44,3	-66,45	-88,6	-110,75	-132,9
Erosão	6	-4,39	-21,95	-43,9	-65,85	-87,8	-109,75	-131,7
Erosão	7	-4,4	-22	-44	-66	-88	-110	-132
Erosão	8	-4,45	-22,25	-44,5	-66,75	-89	-111,25	-133,5
Erosão	9	-4,54	-22,7	-45,4	-68,1	-90,8	-113,5	-136,2
Erosão	10	-4,52	-22,6	-45,2	-67,8	-90,4	-113	-135,6
Erosão	11	-4,56	-22,8	-45,6	-68,4	-91,2	-114	-136,8
Erosão	12	-4,46	-22,3	-44,6	-66,9	-89,2	-111,5	-133,8
Erosão	13	-4,37	-21,85	-43,7	-65,55	-87,4	-109,25	-131,1
Erosão	14	-4,39	-21,95	-43,9	-65,85	-87,8	-109,75	-131,7
Erosão	15	-4,27	-21,35	-42,7	-64,05	-85,4	-106,75	-128,1
Erosão	16	-4,42	-22,1	-44,2	-66,3	-88,4	-110,5	-132,6
Erosão	17	-4,36	-21,8	-43,6	-65,4	-87,2	-109	-130,8
Erosão	18	-4,16	-20,8	-41,6	-62,4	-83,2	-104	-124,8
Erosão	19	-4,14	-20,7	-41,4	-62,1	-82,8	-103,5	-124,2
Erosão	20	-3,97	-19,85	-39,7	-59,55	-79,4	-99,25	-119,1
Erosão	21	-3,93	-19,65	-39,3	-58,95	-78,6	-98,25	-117,9
Erosão	22	-3,88	-19,4	-38,8	-58,2	-77,6	-97	-116,4
Erosão	23	-3,93	-19,65	-39,3	-58,95	-78,6	-98,25	-117,9
Erosão	24	-3,84	-19,2	-38,4	-57,6	-76,8	-96	-115,2
Erosão	25	-3,8	-19	-38	-57	-76	-95	-114
Erosão	26	-3,76	-18,8	-37,6	-56,4	-75,2	-94	-112,8
Erosão	27	-3,91	-19,55	-39,1	-58,65	-78,2	-97,75	-117,3
Erosão	28	-3,91	-19,55	-39,1	-58,65	-78,2	-97,75	-117,3
Erosão	29	-3,9	-19,5	-39	-58,5	-78	-97,5	-117

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Erosão	30	-3,79	-18,95	-37,9	-56,85	-75,8	-94,75	-113,7
Erosão	31	-3,74	-18,7	-37,4	-56,1	-74,8	-93,5	-112,2
Erosão	32	-3,62	-18,1	-36,2	-54,3	-72,4	-90,5	-108,6
Erosão	33	-3,39	-16,95	-33,9	-50,85	-67,8	-84,75	-101,7
Erosão	34	-3,3	-16,5	-33	-49,5	-66	-82,5	-99
Erosão	35	-3,26	-16,3	-32,6	-48,9	-65,2	-81,5	-97,8
Erosão	36	-3,13	-15,65	-31,3	-46,95	-62,6	-78,25	-93,9
Erosão	37	-3,07	-15,35	-30,7	-46,05	-61,4	-76,75	-92,1
Erosão	38	-2,93	-14,65	-29,3	-43,95	-58,6	-73,25	-87,9
Erosão	39	-2,83	-14,15	-28,3	-42,45	-56,6	-70,75	-84,9
Erosão	40	-2,7	-13,5	-27	-40,5	-54	-67,5	-81
Erosão	41	-2,55	-12,75	-25,5	-38,25	-51	-63,75	-76,5
Erosão	42	-2,45	-12,25	-24,5	-36,75	-49	-61,25	-73,5
Erosão	43	-2,36	-11,8	-23,6	-35,4	-47,2	-59	-70,8
Erosão	44	-2,25	-11,25	-22,5	-33,75	-45	-56,25	-67,5
Erosão	45	-2,23	-11,15	-22,3	-33,45	-44,6	-55,75	-66,9
Erosão	46	-2,14	-10,7	-21,4	-32,1	-42,8	-53,5	-64,2
Erosão	47	-2,04	-10,2	-20,4	-30,6	-40,8	-51	-61,2
Erosão	48	-1,99	-9,95	-19,9	-29,85	-39,8	-49,75	-59,7
Erosão	49	-1,88	-9,4	-18,8	-28,2	-37,6	-47	-56,4
Erosão	50	-1,73	-8,65	-17,3	-25,95	-34,6	-43,25	-51,9
Erosão	51	-1,62	-8,1	-16,2	-24,3	-32,4	-40,5	-48,6
Erosão	52	-1,48	-7,4	-14,8	-22,2	-29,6	-37	-44,4
Erosão	53	-1,49	-7,45	-14,9	-22,35	-29,8	-37,25	-44,7
Erosão	54	-1,45	-7,25	-14,5	-21,75	-29	-36,25	-43,5
Erosão	55	-1,48	-7,4	-14,8	-22,2	-29,6	-37	-44,4
Erosão	56	-1,42	-7,1	-14,2	-21,3	-28,4	-35,5	-42,6
Erosão	57	-1,39	-6,95	-13,9	-20,85	-27,8	-34,75	-41,7
Erosão	58	-1,08	-5,4	-10,8	-16,2	-21,6	-27	-32,4
Erosão	59	-0,97	-4,85	-9,7	-14,55	-19,4	-24,25	-29,1
Erosão	60	-0,97	-4,85	-9,7	-14,55	-19,4	-24,25	-29,1
Erosão	61	-0,93	-4,65	-9,3	-13,95	-18,6	-23,25	-27,9
Erosão	62	-0,86	-4,3	-8,6	-12,9	-17,2	-21,5	-25,8

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Erosão	63	-0,76	-3,8	-7,6	-11,4	-15,2	-19	-22,8
Erosão	64	-0,72	-3,6	-7,2	-10,8	-14,4	-18	-21,6
Erosão	65	-0,6	-3	-6	-9	-12	-15	-18
Erosão	66	-0,6	-3	-6	-9	-12	-15	-18
Erosão	67	-0,52	-2,6	-5,2	-7,8	-10,4	-13	-15,6
Erosão	68	-0,46	-2,3	-4,6	-6,9	-9,2	-11,5	-13,8
Erosão	69	-0,34	-1,7	-3,4	-5,1	-6,8	-8,5	-10,2
Erosão	70	-0,21	-1,05	-2,1	-3,15	-4,2	-5,25	-6,3
Erosão	71	-0,12	-0,6	-1,2	-1,8	-2,4	-3	-3,6
Erosão	72	-0,03	-0,15	-0,3	-0,45	-0,6	-0,75	-0,9
Progradação	73	0,15	0,75	1,5	2,25	3	3,75	4,5
Progradação	74	0,21	1,05	2,1	3,15	4,2	5,25	6,3
Progradação	75	0,3	1,5	3	4,5	6	7,5	9
Progradação	76	0,32	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6
Progradação	77	0,44	2,2	4,4	6,6	8,8	11	13,2
Progradação	78	0,52	2,6	5,2	7,8	10,4	13	15,6
Progradação	79	0,54	2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2
Progradação	80	0,61	3,05	6,1	9,15	12,2	15,25	18,3
Progradação	81	0,74	3,7	7,4	11,1	14,8	18,5	22,2
Progradação	82	0,79	3,95	7,9	11,85	15,8	19,75	23,7
Progradação	83	0,75	3,75	7,5	11,25	15	18,75	22,5
Progradação	84	0,84	4,2	8,4	12,6	16,8	21	25,2
Progradação	85	0,97	4,85	9,7	14,55	19,4	24,25	29,1
Progradação	86	1,02	5,1	10,2	15,3	20,4	25,5	30,6
Progradação	87	0,98	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5	29,4
Progradação	88	1,09	5,45	10,9	16,35	21,8	27,25	32,7
Progradação	89	1,22	6,1	12,2	18,3	24,4	30,5	36,6
Progradação	90	1,37	6,85	13,7	20,55	27,4	34,25	41,1
Progradação	91	1,29	6,45	12,9	19,35	25,8	32,25	38,7
Progradação	92	1,28	6,4	12,8	19,2	25,6	32	38,4
Progradação	93	1,34	6,7	13,4	20,1	26,8	33,5	40,2
Progradação	94	1,36	6,8	13,6	20,4	27,2	34	40,8
Progradação	95	1,47	7,35	14,7	22,05	29,4	36,75	44,1

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Progradação	96	1,51	7,55	15,1	22,65	30,2	37,75	45,3
Progradação	97	1,51	7,55	15,1	22,65	30,2	37,75	45,3
Progradação	98	1,58	7,9	15,8	23,7	31,6	39,5	47,4
Progradação	99	1,7	8,5	17	25,5	34	42,5	51
Progradação	100	1,7	8,5	17	25,5	34	42,5	51
Progradação	101	1,75	8,75	17,5	26,25	35	43,75	52,5
Progradação	102	1,79	8,95	17,9	26,85	35,8	44,75	53,7
Progradação	103	1,83	9,15	18,3	27,45	36,6	45,75	54,9
Progradação	104	1,77	8,85	17,7	26,55	35,4	44,25	53,1
Progradação	105	1,88	9,4	18,8	28,2	37,6	47	56,4
Progradação	106	1,93	9,65	19,3	28,95	38,6	48,25	57,9
Progradação	107	2,1	10,5	21	31,5	42	52,5	63
Progradação	108	2,15	10,75	21,5	32,25	43	53,75	64,5
Progradação	109	2,34	11,7	23,4	35,1	46,8	58,5	70,2
Progradação	110	2,46	12,3	24,6	36,9	49,2	61,5	73,8
Progradação	111	2,46	12,3	24,6	36,9	49,2	61,5	73,8
Progradação	112	2,41	12,05	24,1	36,15	48,2	60,25	72,3
Progradação	113	2,43	12,15	24,3	36,45	48,6	60,75	72,9
Progradação	114	2,46	12,3	24,6	36,9	49,2	61,5	73,8
Progradação	115	2,56	12,8	25,6	38,4	51,2	64	76,8
Progradação	116	2,69	13,45	26,9	40,35	53,8	67,25	80,7
Progradação	117	2,72	13,6	27,2	40,8	54,4	68	81,6
Progradação	118	2,76	13,8	27,6	41,4	55,2	69	82,8
Progradação	119	2,8	14	28	42	56	70	84
Progradação	120	2,82	14,1	28,2	42,3	56,4	70,5	84,6
Progradação	121	2,9	14,5	29	43,5	58	72,5	87
Progradação	122	2,9	14,5	29	43,5	58	72,5	87
Progradação	123	2,99	14,95	29,9	44,85	59,8	74,75	89,7
Progradação	124	3,03	15,15	30,3	45,45	60,6	75,75	90,9
Progradação	125	3,02	15,1	30,2	45,3	60,4	75,5	90,6
Progradação	126	2,96	14,8	29,6	44,4	59,2	74	88,8
Progradação	127	2,98	14,9	29,8	44,7	59,6	74,5	89,4
Progradação	128	2,95	14,75	29,5	44,25	59	73,75	88,5

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Progradação	129	2,99	14,95	29,9	44,85	59,8	74,75	89,7
Progradação	130	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	131	2,95	14,75	29,5	44,25	59	73,75	88,5
Progradação	132	2,97	14,85	29,7	44,55	59,4	74,25	89,1
Progradação	133	3,05	15,25	30,5	45,75	61	76,25	91,5
Progradação	134	3,09	15,45	30,9	46,35	61,8	77,25	92,7
Progradação	135	3,09	15,45	30,9	46,35	61,8	77,25	92,7
Progradação	136	3,09	15,45	30,9	46,35	61,8	77,25	92,7
Progradação	137	3,02	15,1	30,2	45,3	60,4	75,5	90,6
Progradação	138	3,02	15,1	30,2	45,3	60,4	75,5	90,6
Progradação	139	2,95	14,75	29,5	44,25	59	73,75	88,5
Progradação	140	3	15	30	45	60	75	90
Progradação	141	3,07	15,35	30,7	46,05	61,4	76,75	92,1
Progradação	142	3,18	15,9	31,8	47,7	63,6	79,5	95,4
Progradação	143	3,1	15,5	31	46,5	62	77,5	93
Progradação	144	3,03	15,15	30,3	45,45	60,6	75,75	90,9
Progradação	145	3	15	30	45	60	75	90
Progradação	146	2,97	14,85	29,7	44,55	59,4	74,25	89,1
Progradação	147	2,98	14,9	29,8	44,7	59,6	74,5	89,4
Progradação	148	2,95	14,75	29,5	44,25	59	73,75	88,5
Progradação	149	2,98	14,9	29,8	44,7	59,6	74,5	89,4
Progradação	150	2,9	14,5	29	43,5	58	72,5	87
Progradação	151	2,84	14,2	28,4	42,6	56,8	71	85,2
Progradação	152	2,77	13,85	27,7	41,55	55,4	69,25	83,1
Progradação	153	2,72	13,6	27,2	40,8	54,4	68	81,6
Progradação	154	2,8	14	28	42	56	70	84
Progradação	155	2,88	14,4	28,8	43,2	57,6	72	86,4
Progradação	156	2,91	14,55	29,1	43,65	58,2	72,75	87,3
Progradação	157	2,9	14,5	29	43,5	58	72,5	87
Progradação	158	2,88	14,4	28,8	43,2	57,6	72	86,4
Progradação	159	2,9	14,5	29	43,5	58	72,5	87
Progradação	160	2,93	14,65	29,3	43,95	58,6	73,25	87,9
Progradação	161	2,94	14,7	29,4	44,1	58,8	73,5	88,2

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Progradação	162	2,99	14,95	29,9	44,85	59,8	74,75	89,7
Progradação	163	3	15	30	45	60	75	90
Progradação	164	2,94	14,7	29,4	44,1	58,8	73,5	88,2
Progradação	165	2,93	14,65	29,3	43,95	58,6	73,25	87,9
Progradação	166	3,05	15,25	30,5	45,75	61	76,25	91,5
Progradação	167	3	15	30	45	60	75	90
Progradação	168	2,95	14,75	29,5	44,25	59	73,75	88,5
Progradação	169	2,89	14,45	28,9	43,35	57,8	72,25	86,7
Progradação	170	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	171	3,05	15,25	30,5	45,75	61	76,25	91,5
Progradação	172	3,04	15,2	30,4	45,6	60,8	76	91,2
Progradação	173	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	174	3,02	15,1	30,2	45,3	60,4	75,5	90,6
Progradação	175	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	176	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	177	3,01	15,05	30,1	45,15	60,2	75,25	90,3
Progradação	178	3,03	15,15	30,3	45,45	60,6	75,75	90,9
Progradação	179	3,07	15,35	30,7	46,05	61,4	76,75	92,1
Progradação	180	3,09	15,45	30,9	46,35	61,8	77,25	92,7
Progradação	181	3,12	15,6	31,2	46,8	62,4	78	93,6
Progradação	182	3,22	16,1	32,2	48,3	64,4	80,5	96,6
Progradação	183	3,22	16,1	32,2	48,3	64,4	80,5	96,6
Progradação	184	3,14	15,7	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2
Progradação	185	3,13	15,65	31,3	46,95	62,6	78,25	93,9
Progradação	186	3,12	15,6	31,2	46,8	62,4	78	93,6
Progradação	187	3,17	15,85	31,7	47,55	63,4	79,25	95,1
Progradação	188	3,14	15,7	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2
Progradação	189	3,15	15,75	31,5	47,25	63	78,75	94,5
Progradação	190	3,22	16,1	32,2	48,3	64,4	80,5	96,6
Progradação	191	3,23	16,15	32,3	48,45	64,6	80,75	96,9
Progradação	192	3,19	15,95	31,9	47,85	63,8	79,75	95,7
Progradação	193	3,43	17,15	34,3	51,45	68,6	85,75	102,9
Progradação	194	3,4	17	34	51	68	85	102

Dinâmica	T. ID	LRR	CF 5	CF 10	CF 15	CF 20	CF 25	CF 30
Progradação	195	3,44	17,2	34,4	51,6	68,8	86	103,2
Progradação	196	3,32	16,6	33,2	49,8	66,4	83	99,6
Progradação	197	3,39	16,95	33,9	50,85	67,8	84,75	101,7
Progradação	198	3,41	17,05	34,1	51,15	68,2	85,25	102,3
Progradação	199	3,49	17,45	34,9	52,35	69,8	87,25	104,7
Progradação	200	3,88	19,4	38,8	58,2	77,6	97	116,4
Progradação	201	3,96	19,8	39,6	59,4	79,2	99	118,8
Progradação	202	4,24	21,2	42,4	63,6	84,8	106	127,2