



MAPEAMENTO DE INFRAESTRUTURAS SOBRE FALÉSIAS NA PRAIA DO CENTRO - PIPA (RN)

Peterson Ferreira de Sousa¹
Silvio Braz de Sousa²
Rodrigo de Freitas Amorim³
Daniel Carlos Alves Santos⁴
Heleriany de Medeiros Madeiros⁵

RESUMO

A crescente ocupação das áreas litorâneas, impulsionada pelo turismo e pela expansão urbana, acarreta riscos socioambientais significativos, especialmente em zonas instáveis como as escarpas costeiras. A erosão marinha e o recuo de falésias, agravados por ações humanas, comprometem a estabilidade das encostas e fragilizam infraestruturas. Diante disso, o mapeamento de áreas próximas as bordas das falésias são essenciais para prevenir desastres e orientar políticas públicas eficazes. Esta pesquisa foi realizada no distrito de Pipa, município de Tibau do Sul (RN), e utilizou ortomosaicos de alta precisão gerados por levantamento aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada Modelo DJI Matrice 300 RTK, com GSD de 1,27 cm gerado com o Sensor DJI Zenmuse P1. As infraestruturas localizadas no topo das falésias foram vetorizadas no ArcMap 10.8.2, possibilitando uma análise espacial detalhada. Foram criadas faixas de 10, 33 e 100 metros a partir da borda da falésia em um trecho de falésias, com extensão de 985 metros na Praia do Centro. Os resultados revelam que diversas edificações, como hotéis, pousadas, restaurantes, lojas e um cemitério estão localizados a menos de quatro metros da borda, áreas com alto risco de colapso. A análise reforça a urgência de medidas de ordenamento territorial e conservação das zonas costeiras, especialmente em ambientes frágeis como as falésias da Praia do Centro em Pipa, cada vez mais vulneráveis à ação humana e às mudanças ambientais.

Palavras-chave: Aeronave Remotamente Pilotada (ARP); Falésias Costeiras; Riscos ambientais.

INTRODUÇÃO

A gestão ambiental de zonas costeiras demanda atenção especial à avaliação de riscos naturais, especialmente em áreas sujeitas à erosão e instabilidade geomorfológica, como as falésias. Tais regiões, embora geologicamente frágeis, frequentemente atraem ocupações humanas e desenvolvimento urbano e turístico, o que potencializa a vulnerabilidade socioambiental. A zona costeira brasileira, incluindo trechos como o do distrito de Pipa, no município de Tibau do Sul (RN), exemplifica esse paradoxo entre

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal - RN, peterson.ferreira.ambiental@gmail.com

² Professor orientador: Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - RN, sousasb@gmail.com

³ Professor Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - RN, rodrigofba@gmail.com

⁴ Doutorando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - RN, danielcarlos472@gmail.com

⁵ Doutoranda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - RN, profahelerianyedeiros@gmail.com



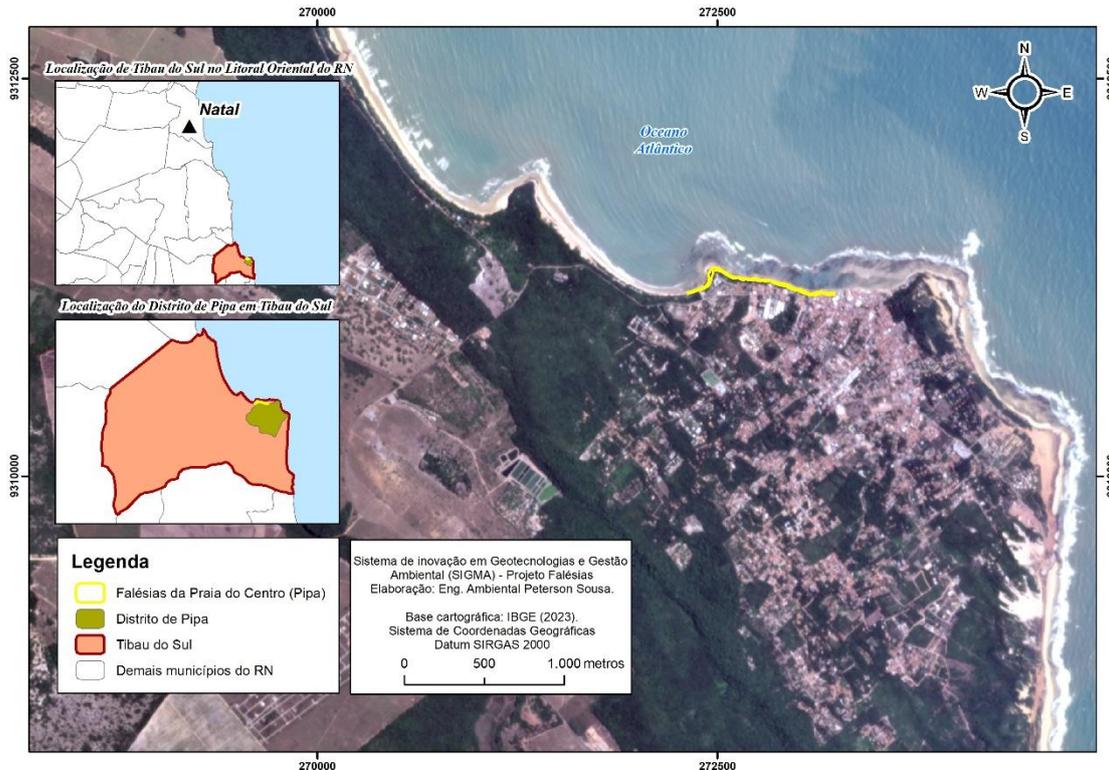
valorização econômica e riscos geodinâmicos. Estudos da comunidade científica indicam que cerca de 60% da população mundial vive em áreas costeiras (Doukakis, 2005), zonas que concentram intensa atividade econômica, incluindo turismo, lazer, urbanização e infraestrutura (Hereher, 2015).

De acordo com Small e Nicholls (2003), a zona costeira pode ser caracterizada como a faixa compreendida entre a linha do mar e altitudes de até 50 metros ou extensões de até 100 km para o interior. Neste contexto, as falésias — escarpas abruptas que margeiam o litoral — constituem feições geomorfológicas particularmente instáveis, resultantes da interação dinâmica entre processos marinhos (ondas e marés), atmosféricos (chuvas intensas e ventos) e antrópicos (obras civis, desmatamento e impermeabilização do solo). A erosão costeira, intensificada por eventos extremos e mudanças climáticas, promove o recuo progressivo dessas formações e compromete estruturas edificadas próximas à borda, com riscos de desabamento, isolamento urbano e perda de patrimônio.

A crescente urbanização das zonas litorâneas, motivada sobretudo pela expansão do turismo, tem aumentado significativamente os riscos socioambientais associados a essas áreas, especialmente em regiões geomorfológicamente sensíveis como as escarpas litorâneas (Leite; De Araújo Pereira, 2020). O distrito de Pipa, localizado em Tibau do Sul/RN, constitui um exemplo emblemático deste processo, apresentando intensa ocupação sobre falésias sujeitas a processos erosivos ativos. A combinação entre a elevação eustática do nível do mar, o aumento na frequência de eventos extremos (como chuvas torrenciais e ressacas) e as intervenções humanas intensificam os mecanismos naturais de instabilidade, acelerando o recuo da borda da falésia e ameaçando diretamente as infraestruturas construídas em sua proximidade (Almeida Júnior, 2017).

Neste contexto, a presente pesquisa objetivou identificar e mapear as estruturas edificadas situadas no topo do tabuleiro costeiro sobre as falésias da Praia do Centro de Pipa (Figura 1), com ênfase na análise espacial da exposição dessas construções a riscos geodinâmicos, em função do recuo natural da linha de instabilidade. A pesquisa visa, assim, fornecer subsídios técnicos para a formulação de estratégias de ordenamento territorial e prevenção de desastres em áreas costeiras vulneráveis.

Figura 1: Localização: Falésias da praia do centro de Pipa.



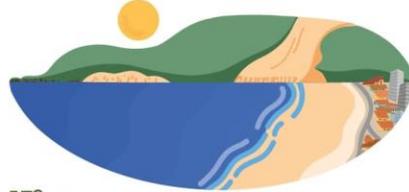
Fonte: Elaborado pelo autor – Imagem de satélite: Planet, 2024.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas falésias da praia do Centro, localizadas no distrito de Pipa, município de Tibau do Sul (RN). As atividades de campo constituíram a base para o reconhecimento detalhado das escarpas. Caminhadas sistemáticas foram realizadas ao longo da linha da falésia, com registros fotográficos terrestre dos principais pontos críticos — áreas com indícios de instabilidade ou histórico de desmoronamentos.

O mapeamento de alta resolução foi viabilizado por meio de aerofotogrametria com o uso de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), modelo DJI Matrice 300 RTK, gerando um ortomosaico com Ground Sample Distance (GSD) de 1,27 cm.

Para o processamento das imagens, foi utilizado software fotogramétrico especializado, com correções radiométricas e geométricas, assegurando a acurácia posicional dos produtos cartográficos derivados. Os produtos aerofotogramétricos foram integrados ao ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) por meio do software ArcMap 10.8.2. A vetorização das infraestruturas - situadas sobre e ao redor da



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

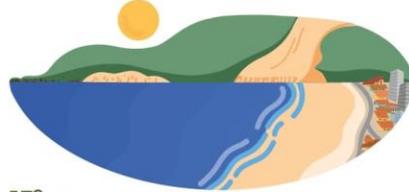
escarpa - foi empregada manualmente, incluindo edificações, vias, equipamentos públicos e áreas de uso turístico.

Com base na borda da falésia mapeada, foram criadas três zonas de análise paralelas a borda com 10, 33 e 100 metros, permitindo classificar a exposição das estruturas a possíveis riscos geodinâmicos. Essa segmentação espacial orientou a quantificação e tipificação das ocupações em áreas de risco, com atenção especial às edificações situadas a menos de 10 metros da borda. As evidências de instabilidade foram interpretadas com base no histórico de queda gravitacional de blocos da área supracitada.

Os fatores de risco foram avaliados com base na integração entre perigo (*hazard*) interpretado como a presença e intensidade de um fenômeno potencialmente danoso. Bem como, a vulnerabilidade, que diz respeito ao grau de suscetibilidade das infraestruturas e populações expostas, seguindo a definição de Tominaga (2009), onde risco pode ser considerado como uma função da interação entre perigo, vulnerabilidade e dano potencial.

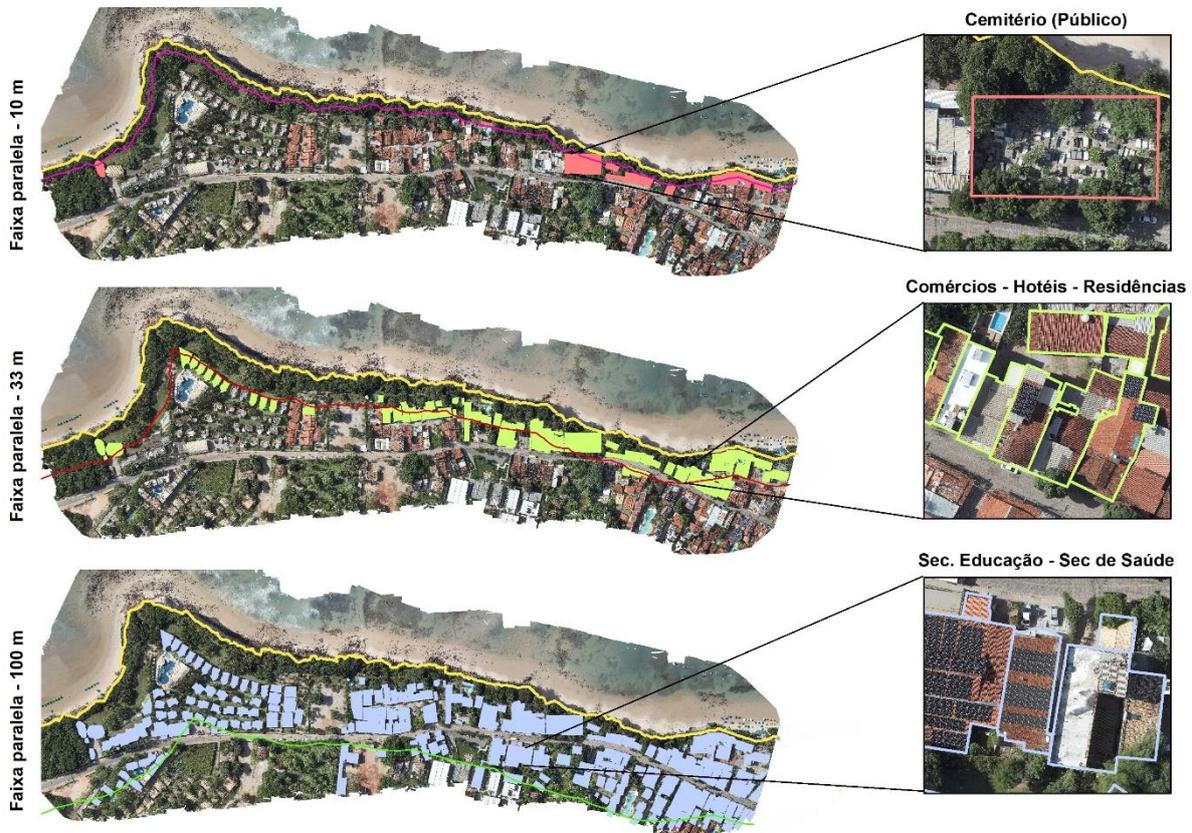
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial da área realizada ao longo de aproximadamente 985 metros do litoral da Praia do Centro, permitiu a vetorização de 278 edificações. A partir da delimitação de três faixas paralelas — 10 m, 33 m e 100 m da borda da falésia (Figura 2) — foi possível estratificar o grau de exposição das edificações, especialmente relacionado à erosão costeira e à instabilidade de escarpas.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Figura 2: Delimitação de faixas paralelas – Vetorização.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na faixa de 10 metros, correspondente à zona de risco geotécnico mais crítico, foram identificadas 12 edificações, sendo seis residenciais (813,29 m²), três estabelecimentos comerciais (893,96 m²), dois hotéis (230,26 m²) e um cemitério (1.066,05 m²), este último posicionado a menos de quatro metros da borda da falésia. A presença de edificações com alta densidade de uso humano e finalidade turística evidencia uma condição de elevada vulnerabilidade estrutural e funcional frente aos processos erosivos ativos.

A faixa intermediária, de até 33 metros (algo aproximado do que seriam os terrenos de marinha), abrange um total acumulado de 67 edificações, das quais 55 adicionais em relação à faixa anterior. As tipologias compreendem 16 unidades comerciais (3.610,06 m²), 18 de hospedagem (2.507,70 m²) e 32 residências (4.380,16 m²), além da permanência do cemitério (1.066,05 m²). A espacialização dessas estruturas revela um padrão de adensamento urbano sobre áreas de susceptibilidade geomorfológica moderada



a elevada, potencializando os riscos associados à instabilidade das falésias em médio prazo.

Na zona mais ampla, correspondente à faixa de 100 metros, há 228 edificações. Destas, 223 são privadas, distribuídas em 75 unidades comerciais (11.758,78 m²), quatro destinadas a estacionamento (377,05 m²), 88 vinculadas à hotelaria (13.046,99 m²) e 58 edificações residenciais (7.772,63 m²). As estruturas públicas compreendem, além do cemitério (1.066,05 m²), a sede das Secretarias Municipais de Educação (509,40 m²) e de Saúde (208,65 m²), e uma unidade de atendimento ao público da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN (92,23 m²). Esta faixa também apresentou significativa concentração de elementos de infraestrutura de serviço, incluindo 38 pontos de rede de internet, 38 postes de energia elétrica, 14 bueiros de telefonia, além de trechos com presença de tubulações subterrâneas de água e esgoto e estruturas pavimentadas de circulação viária e para pedestres.

Tabela 1: Número de edificações por tipologia e área total ocupada em metros quadrados

Faixa	Total de Estruturas	Natureza	Tipologia	Área Total (m ²)	Quantidade
10 m	12	Privado	Comércio	893,96	2
			Hotelaria	230,26	6
			Residência	813,29	3
		Público	Cemitério	1.066,05	1
33 m	67	Privado	Comércio	3.610,06	16
			Hotelaria	2.507,70	18
			Residência	4.380,16	32
		Público	Cemitério	1.066,05	1
100 m	228	Privado	Comércio	11.758,78	75
			Hotelaria	13.046,99	88
			Residência	7.772,63	58
			Estacionamento	377,05	4
			Cemitério	1.066,05	1
			Secretaria Municipal de Educação	509,40	1
			Público	Secretaria Municipal de Saúde	208,65
		Companhia de Água e Esgoto do RN (CAERN)	92,23	1	



A distribuição das edificações e infraestruturas dentro das zonas de risco evidência um processo de ocupação despreocupado e desarticulado de diretrizes de planejamento urbano e gestão costeira. Tal configuração compromete diretamente a resiliência socioespacial da área, sobretudo diante da intensificação de eventos extremos, da elevação do nível do mar e do avanço erosivo documentado em diversas porções do litoral potiguar e brasileiro.

Mapear edificações e sistemas urbanos em ambientes com áreas de falésias mostra-se uma ferramenta técnica de elevada acurácia e aplicabilidade na análise de vulnerabilidade geotécnica. As bases cartográficas geradas com geotecnologias de alta precisão, permitem construir mapeamentos em nível de detalhe, fornecendo subsídios para a delimitação de zonas de risco, priorização de ações de monitoramento e formulação de políticas públicas orientadas à mitigação de desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do mapeamento das estruturas proximidades das falésias da Praia do Centro, em Pipa, município de Tibau do Sul (RN), foi possível verificar uma ocupação intensiva de áreas com alta suscetibilidade a processos erosivos e instabilidade geomorfológica. A presença de 3.003,56 m² de edificações residenciais, comerciais, turísticas e públicas em zonas de risco imediato, como a faixa de até 10 metros da borda da falésia (onde foi identificadas 12 edificações, incluindo um cemitério posicionado a menos de quatro metros da escarpa) evidencia fragilidades no ordenamento territorial e a ausência de medidas preventivas eficazes.

A aerofotogrametria via ARP com controle de posicionamento permite a análise espacial em ambiente SIG, mostrou-se eficaz para a identificação e categorização de edificações e estruturas urbanísticas. Permitindo a estratificação do grau de exposição em três faixas de risco (10 m, 33 m e 100 m). Essa abordagem possibilitou não apenas a contabilização de 278 edificações, mas também a análise de sua tipologia e funcionalidade, revelando um adensamento urbano significativo sobre áreas de vulnerabilidade geomorfológica, com implicações diretas na segurança da população e na integridade da infraestrutura local. A não intervenção para planejamento na área da Praia



do Centro em Pipa pode resultar na perda de edificações em função da erosão costeira, e neste caso, pode impactar o potencial turístico de Pipa.

A partir da integração entre dados de alta resolução espacial e ferramentas de geotecnologia, esta pesquisa reafirma o papel estratégico da cartografia de infraestruturas em áreas de risco como subsídio à gestão territorial.

Ademais, os resultados ressaltam a urgência de implementação de medidas estruturais e não estruturais de contenção e realocação, de modo a preservar vidas humanas, infraestrutura crítica e o equilíbrio dinâmico das feições costeiras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, José Edson de. **Avaliação da retração no curto prazo da falésia marinha ativa da Barreira do Inferno com o uso do Laser Escâner Terrestre**. 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.

DOUKAKIS, Efstratios. Coastal vulnerability and risk parameters. **European water**, v. 11, n. 12, p. 3-7, 2005.

HEREHER, Mohamed E. Assessment of infrastructure vulnerability to tsunamis upon the coastal zone of Oman using GIS. **Geosciences**, v. 10, n. 5, p. 175, 2020.

LEITE, Rogério Proença; DE ARAUJO PEREIRA, Simone. Problemas Socioambientais na Urbanização de Zonas Costeiras. **Revista TOMO**, n. 36, p. 7-42, 2020.

SMALL, Christopher; NICHOLLS, Robert J. A global analysis of human settlement in coastal zones. **Journal of coastal research**, p. 584-599, 2003.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela. Desastres naturais. **São Paulo: Editora Instituto Geológico**, 2009.