

---

## Dinâmica do uso e cobertura da terra na região costeira de Barcarena, Pará, Amazônia Oriental

### Dynamics of Land Use and Land Cover in the Coastal Region of Barcarena, Pará, Eastern Amazon

### Dinámica del Uso y Cobertura de la Tierra en la Región Costera de Barcarena, Pará, Amazonia Oriental

Ilziane Simões de Oliveira<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0007-9096-7272>

Yuri Antonio da Silva Rocha<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0004-3055-5653>

Maria Luiza Nascimento Dias<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0007-6634-2520>

Aline Maria Meiguins de Lima<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0594-0187>

Cláudio Moisés Santos e Silva<sup>5</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2251-7348>

---

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista/Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, e-mail: [ilzianesimoes7@gmail.com](mailto:ilzianesimoes7@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, e-mail: [eng.yurirocha@gmail.com](mailto:eng.yurirocha@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, e-mail: [m.luiza.dn@gmail.com](mailto:m.luiza.dn@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, e-mail: [ameiguins@ufpa.br](mailto:ameiguins@ufpa.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, e-mail: [claudio.silva@ufrn.br](mailto:claudio.silva@ufrn.br)

---

Recebido em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2025

Aceito para publicação em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2025

---

### Resumo

O monitoramento ambiental costeiro é essencial para compreender os impactos da urbanização e das atividades econômicas na vegetação e estabilidade costeira. Em Barcarena, Pará, este estudo analisou o NDVI para avaliar a saúde da vegetação, mapeou o uso e cobertura da terra e identificou feições erosivas na praia de Vila do Conde. Foram utilizadas imagens Landsat via Google Earth Engine e análise de mudanças ao longo das décadas. Os resultados indicaram que áreas com vegetação densa apresentaram altos valores de NDVI, enquanto a urbanização, a agricultura e a mineração cresceram, reduzindo a vegetação nativa. A ocupação urbana próxima à orla revelou uma pressão ambiental crescente, intensificando os impactos na região costeira e aumentando o risco de erosão.

**Palavras-chave:** Uso e cobertura da terra; Erosão costeira; NDVI; Barcarena.

---

### Abstract

**Geopauta, Vitória da Conquista, V. 9, 2025, e17527**



Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Coastal environmental monitoring is essential to understand the impacts of urbanization and economic activities on vegetation and coastal stability. In Barcarena, Pará, this study analyzed the NDVI to assess vegetation health, mapped land use and cover, and identified erosive features at Vila do Conde beach. Landsat images via Google Earth Engine and analysis of changes over decades were used. The results indicated that areas with dense vegetation showed high NDVI values, while urbanization, agriculture, and mining expanded, reducing native vegetation. Urban occupation near the shoreline revealed increasing environmental pressure, intensifying impacts on the coastal region and increasing erosion risk.

**Keywords:** Land use and land cover; Coastal erosion; NDVI; Barcarena.

---

### Resumen

El monitoreo ambiental costero es clave para entender los impactos de la urbanización y las actividades económicas en la vegetación y estabilidad costera. En Barcarena, Pará, este estudio analizó el NDVI, mapeó el uso del suelo e identificó rasgos erosivos en la playa de Vila do Conde. Se usaron imágenes Landsat vía Google Earth Engine y análisis de cambios a lo largo de las décadas. Los resultados mostraron que áreas con vegetación densa tuvieron altos valores de NDVI, mientras que la urbanización, la agricultura y la minería crecieron, reduciendo la vegetación nativa. La ocupación urbana cercana a la costa aumentó la presión ambiental, intensificando los impactos en la región y el riesgo de erosión.

**Palabras clave:** Uso y cobertura del suelo; Erosión costera; NDVI; Barcarena.

---

### Introdução

O Brasil possui uma linha de costa de cerca de 7.500 km, a maior parte situada na faixa intertropical (Egler, 2023), dos quais o litoral da Amazônia brasileira ou equatorial prolonga-se por mais de 1.500 km de extensão (Suguió; Tessler, 1984). Essa extensa faixa costeira está compreendida entre o rio Oiapoque, no Amapá, e a baía de São Marcos, no Maranhão, onde se inserem diversos ambientes, como praias, planícies de marés, pântanos salinos e doces, estuários, manguezais, floresta de várzea, florestas tropicais, lagoas, lagoas, ilhas, rios, deltas e dunas (Pereira et al., 2009).

Ademais, a zona costeira (ZC) é considerada patrimônio nacional, nos termos do § 4º do art. 225 da Constituição Federal, devendo sua ocupação e exploração ocorrer de modo ecologicamente sustentável (Brasil, 2012). Esses espaços são comumente definidos como a interface entre continente, oceano e atmosfera, com

uma forte inter-relação entre esses componentes. Assim, são áreas dinâmicas onde as mudanças em diferentes escalas de tempo e espaço constituem a regra (Prost; Mendes, 2013), sofrendo alterações morfodinâmicas continuamente (Silva et al., 2004).

No contexto regional, o espaço costeiro do estado do Pará possui 1.200 km de extensão com uma superfície de 129.795,031 km<sup>2</sup>. De acordo com a Lei Estadual nº 9604/2020, que institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro do Pará (PEGC - PA), a zona costeira do Pará é constituída por cinco setores, abrangendo 47 municípios: setor 1 (Marajó Ocidental), setor 2 (Marajó Oriental), setor 3 (Continental Estuarino), setor 4 (Flúvio - Marítimo) e setor 5 (Costa Atlântica Paraense) (Pará, 2020). Em algumas regiões, a exemplo da cidade de Barcarena (setor 3), a ZC vem sendo afetada por processos erosivos de diferentes intensidades. Nesse sentido, à medida que a hidrodinâmica atuante induz mudanças morfológicas nas feições costeiras, estas causam alterações no padrão hidrodinâmico (Calliari et al., 2003).

Quanto ao uso e cobertura da terra, até 1960, a urbanização se estruturava em uma rede dendrítica orientada por uma lógica fluvial, com cidades estrategicamente localizadas para conquista e defesa, o que remete ao processo de colonização. Durante esse período, a região continha duas importantes referências urbanas, Manaus e Belém, além de um elevado número de pequenos núcleos e a ausência de centros intermediários (Kampel et al., 2001; Pereira, 2006). Essa urbanização e as extensas alterações antrópicas na floresta amazônica geram impactos ambientais e climáticos tanto em escalas locais, quanto regional e global (Lawrence; Vandekar, 2015).

Dessa forma, o uso não planejado das terras, o manejo inadequado dos solos, a adoção de sistemas importados de cultivo e o desmatamento desenfreado em áreas de recarga, áreas impróprias (solos de baixa aptidão agrícola) e de matas ciliares têm provocado a degradação dos recursos naturais, conforme apontado por Freitas et al. (2001). Tais práticas diminuem a permeabilidade do solo e impedem que ele exerça seu papel natural de estoque e filtro de água. Em contrapartida, a cobertura vegetal

melhora a resistência à erosão por meio do abastecimento de matéria orgânica. Além disso, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva e ajuda no espalhamento e evaporação da água antes de atingir a superfície, permitindo maior infiltração no solo (Bertoni; Lombardi Neto, 2008).

Embora os serviços ecossistêmicos sejam essenciais para a manutenção da natureza e das atividades humanas, a crescente conversão e fragmentação de habitats nos últimos anos, somada à atual crise climática, têm alterado as características naturais dos ecossistemas em diversos biomas brasileiros, principalmente devido à conversão em áreas agrícolas e urbanas (Bustamante et al., 2019). A intensificação das práticas inadequadas de manejo do solo, especialmente relacionadas aos sistemas agrícolas, também intensificam os processos erosivos (Valvassori; Back, 2014).

Por fim, ao analisar os processos erosivos, Souza (2009) destaca que as principais causas incluem: a urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia; a conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas), provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira, resultando na perda de fontes de sedimentos.

Além disso, segundo Coelho et al. (2009), durante o período militar, as políticas de modernização da Amazônia aceleraram a reestruturação espacial e impulsionaram mudanças demográficas e econômicas na região. Inserido nesse contexto, o governo federal interveio na economia para reverter os impactos negativos das forças de mercado. Algumas áreas, incluindo o município de Barcarena (PA), foram selecionadas para receber investimentos significativos e incentivos para a instalação de indústrias, como aquelas voltadas à transformação de bauxita em alumina e alumínio primário. Como resultado, esse processo de industrialização levou a importantes transformações sociais e ambientais, principalmente devido ao aumento das exportações de minerais.

Dessa forma, o índice de vegetação em Barcarena está relacionado com as alterações na cobertura vegetal em função do crescimento urbano que tende a retirar boa parte da cobertura vegetal substituindo por áreas de construções, principalmente a partir de 1984, com a instalação da Albrás, assim o crescimento urbano do município modificou sua paisagem urbana, rural e social (Carmo; Costa, 2016). A ocupação da terra de forma desordenada e inadequada provoca a compactação do solo com a diminuição da infiltração da água, aumento do escoamento superficial, intensificação dos processos erosivos, perda da fertilidade natural e assoreamento de rios (Carvalho et al., 2006). Diante desse cenário, estudos que abordam a caracterização da cobertura vegetal, uso da terra e análise de diferentes práticas de manejo se tornam ferramentas cruciais para compreender a magnitude das mudanças e suas implicações em áreas específicas (Miranda et al., 2018).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a distribuição da cobertura vegetal e o uso e cobertura da terra, e avaliar os processos de erosão ao longo da faixa costeira, visando compreender a dinâmica ambiental e os impactos das atividades antrópicas sobre essas áreas vulneráveis.

## **Metodologia**

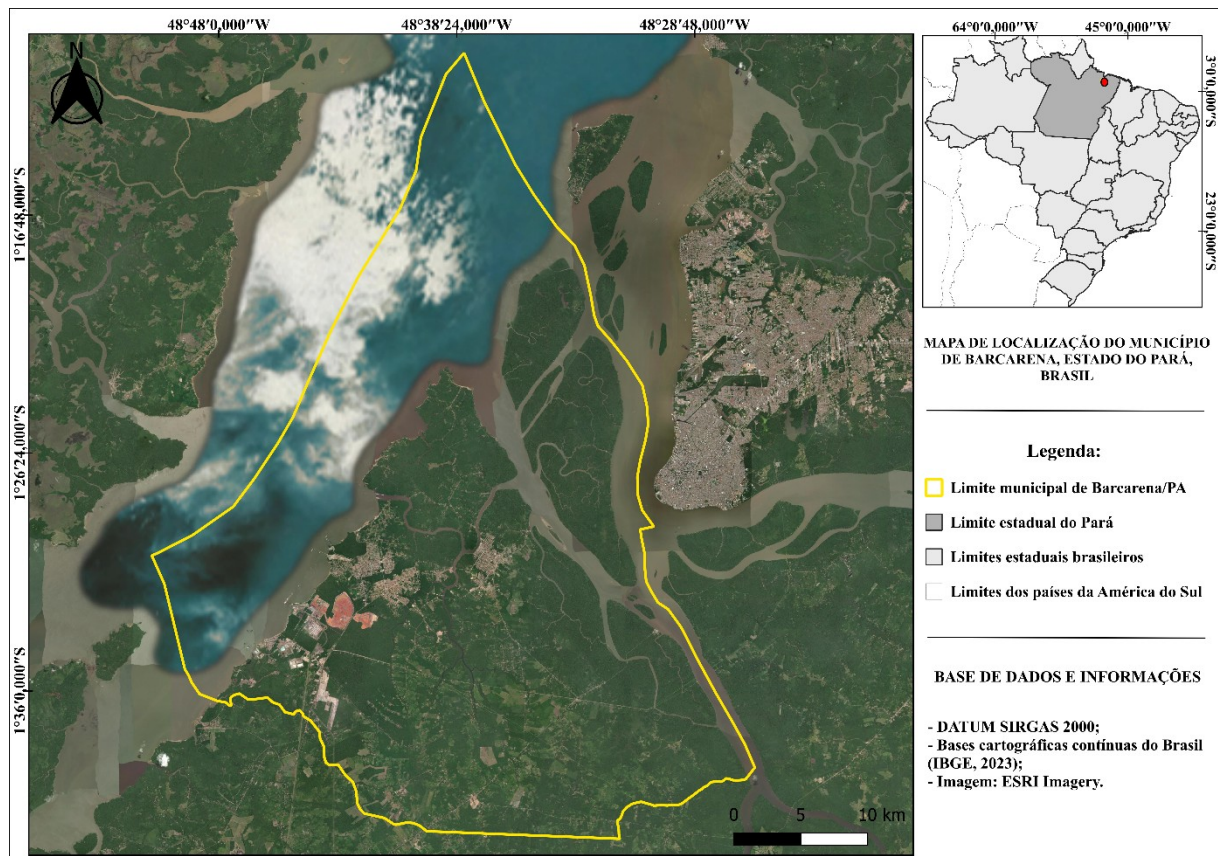
### **Área de estudo**

Barcarena é localizada na Mesorregião Metropolitana de Belém, porção Leste do estado do Pará, Brasil (mapa 1). A cidade é posicionada na confluência dos rios Tocantins e Guamá, nas coordenadas geográficas de 1°31'48" S e 48°24'36" W. Essa localização geográfica a coloca na bacia hidrográfica do rio Murucupi, fazendo parte da sub-região Guamá-Mojú, que, por sua vez, está inserida na região hidrográfica Costa Atlântica-Norte.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022), a população do município de Barcarena é estimada em 129.333 pessoas, e a área territorial de 1.310.338 km<sup>2</sup>. Apresenta 27.8% de domicílios com esgotamento

sanitário adequado, 7.8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 16.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). A pedologia local é composta por Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário, Argissolo Amarelo concrecionário, Neossolos e Espodosolos (Santos et al., 2003a; 2003b).

Mapa 1 - Localização do município de Barcarena - PA.



Fonte: Oliveira (2025)

A zona costeira de Barcarena, situada na margem direita da Baía do Marajó, abriga o distrito industrial de Vila do Conde, onde se localiza a praia que constitui o objeto de estudo desta pesquisa. A história dessa localidade remonta ao período colonial, quando, em 1653, o padre José Delgardes chegou à região acompanhado por um grupo de jesuítas. A presença dessa missão religiosa é considerada um marco inicial no processo de ocupação e desenvolvimento de Barcarena. Na época, já havia colonizadores portugueses na área, porém, eles enfrentavam dificuldades para integrar a população indígena ao trabalho forçado. Assim, a chegada dos jesuítas

teve como objetivo principal a catequização dos povos originários, estratégia amplamente adotada em diversas regiões do Brasil colonial.

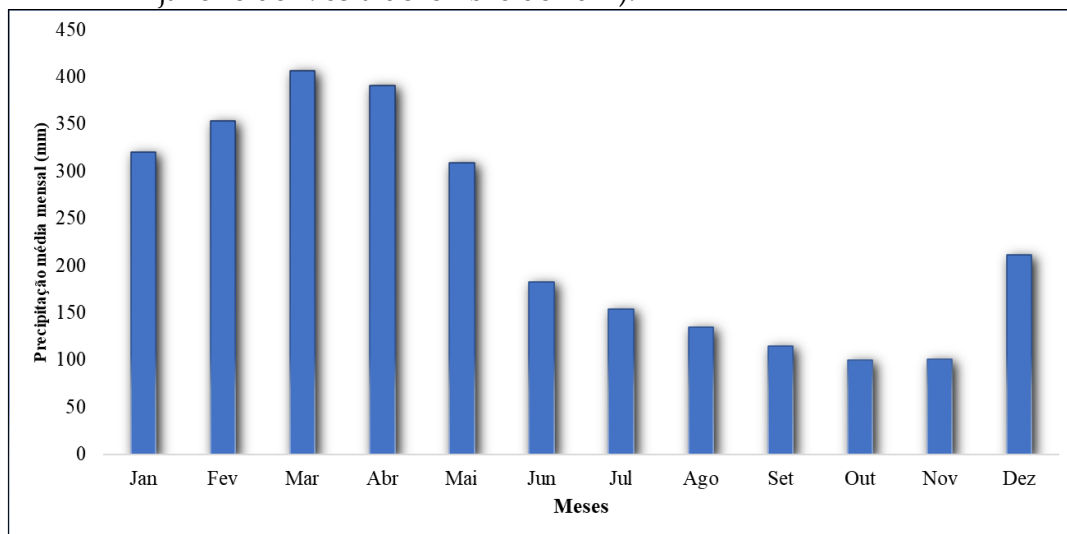
No contexto mais recente, a construção do Porto de Vila do Conde, inaugurado em 1985, representou um marco na infraestrutura logística da região. A escolha da localidade para a instalação desse empreendimento se deu por fatores estratégicos, tais como sua posição geográfica favorável e a profundidade natural das águas, que permite a navegação tanto na maré alta quanto na maré baixa. A implementação do porto, entretanto, resultou na desapropriação de diversas famílias que residiam na área, levando ao deslocamento populacional para bairros adjacentes, incluindo Vila do Conde.

### **Precipitação**

Devido à ausência de um sistema de monitoramento hidro meteorológico preciso na região, não há dados fundamentados em séries históricas de longo prazo. Assim, a análise da componente de precipitação baseou-se no conjunto de dados do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (Chirps, 2024), abrangendo a série histórica de janeiro de 1985 a dezembro de 2022 (gráfico 1).

A precipitação média na área de estudo varia de  $96,02 \pm 34,05$  mm a  $407,84 \pm 55,12$  mm. A sazonalidade é bem definida, com um período mais chuvoso entre dezembro e maio e um período menos chuvoso de junho a novembro. Durante o período mais chuvoso, a precipitação média é de  $332,70 \pm 71,94$  mm, enquanto que no período menos chuvoso, a média é de  $128,42 \pm 34,82$  mm. O pico de precipitação ocorre no trimestre que compreende fevereiro, março e abril, com uma média de  $387,12 \pm 21,26$  mm. O período de estiagem predominante se dá no trimestre de setembro a novembro, com uma média de  $101,89 \pm 7,88$  mm.

Gráfico 1 - Dinâmica mensal média da precipitação na área de estudo (série histórica de janeiro de 1985 a dezembro de 2022).



Fonte: Chirps (2024).

O principal fenômeno na escala interanual que afeta a variabilidade da precipitação na bacia amazônica é o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), responsável por secas durante a fase quente e períodos mais úmidos na fase fria. Sob a perspectiva meteorológica, a região é afetada por sistemas atmosféricos de diferentes escalas, incluindo mesoescala (Garstang et al., 1994; Cohen et al., 1995; Alcântara et al., 2011; Alcântara et al., 2014; Matos; Cohen, 2016; Oliveira et al., 2016), na escala sinótica a (Kousky; Kagano, 1981; Liebmann, 1990; Souza et al., 2000, Cavalcante et al., 2009; Ferreira et al., 2015).

Barcarena tem sua precipitação influenciada pelo mecanismo de convecção local, que é típico de regiões tropicais continentais (Santos et al., 2014; Santos E Silva et al., 2024), enquanto a chuva de grande escala é modulada pela variabilidade do Oceano Atlântico, que influencia o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o transporte de umidade para a bacia amazônica (Limberger; Silva, 2016). A precipitação na região é impactados por fenômenos meteorológicos, como as Linhas de Instabilidade (LI), que adentram a zona continental com nuvens resultantes da circulação da brisa marítima (Cohen et al., 1995; Fisch et al., 1998; Sousa et al., 2021), e a ZCIT, que tende a aumentar o volume de chuvas devido à sua

movimentação latitudinal mais ao sul, especialmente nos meses de março e abril (Souza et al., 2005; Berry et al., 2014; Santos et al., 2017).

Entre as atividades produtivas destaca-se a agricultura, pesca artesanal e a indústria, principalmente pela locação de empresas com beneficiamento de alumínio implantado desde a década de 80 e em contínuo crescimento, decorrente de atividades de mineração, metalurgia e portuárias, sendo esta última devido a construção do Porto de Vila do Conde (Paz; Fredou; Fredou, 2011).

### **Análise temporal da mudança de uso e cobertura da terra de Barcarena - PA**

Definir um sistema de classificação continua sendo um desafio para sensoriamento remoto e estudos de ecossistemas terrestres, especialmente para harmonizar diferentes produtos cartográficos (Yang, 2017). A cobertura da terra refere-se às características da superfície da Terra, enquanto o uso da terra está ligado às interações humanas com as superfícies terrestres (Martínez, 2012).

No que concerne à avaliação do processo de uso e cobertura da terra, utilizou-se o imageamento proveniente da Coleção 9 do projeto MapBiomias (<https://mapbiomas.org/>). Esta abordagem permitiu a extração de dados para os anos de 1985 e 2023. Para realizar o download dos arquivos do MapBiomias e processar os dados, utilizou-se o programa QGIS 3.36.3. Os procedimentos de tratamento das informações e de elaboração de mapas foram realizados utilizando como base cartográfica o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS-2000 (Galina; Ilha; Pagotto, 2022).

### **Delimitação e reconhecimento das feições erosivas**

Inicialmente, foi realizada uma inspeção em campo na praia de Vila do Conde com o objetivo de identificar os pontos de erosão mais significativos ao longo da praia. A área conta com terminais que possuem estruturas de acostagem, compostas

por piers perpendiculares à margem e berços para atracação de navios (Maâmar et al., 2023).

Essa etapa envolveu o percurso detalhado da área costeira, observando e registrando fotograficamente os locais mais afetados pela erosão, permitindo uma avaliação preliminar das áreas de maior vulnerabilidade. A inspeção possibilitou a identificação dos pontos críticos e a delimitação precisa das áreas prioritárias para o estudo, fornecendo uma visão abrangente dos impactos erosivos ao longo da linha de costa.

Após a identificação dos pontos de erosão, foram utilizados dispositivos de Global Positioning System (GPS) para marcar com precisão os locais observados. O uso de GPS garantiu uma localização exata dos pontos erosivos, o que possibilitou a criação de um banco de dados georreferenciado. Durante a visita, também foram documentadas as áreas com maior densidade de vegetação, bem como as regiões onde se encontravam edificações mais próximas à linha de costa. Essa análise adicional possibilitou uma caracterização mais completa e detalhada da região de estudo, integrando informações tanto ambientais quanto urbanas.

### **Avaliação integrada da erosividade e das formas de cobertura da terra**

A vulnerabilidade e os riscos gerados pelas tecnologias criadas para promover a evolução dos meios de produção e o bem estar social desencadeiam uma série de problemas, que afetam diretamente a cobertura vegetal e a qualidade de vida da população que está no entorno de empreendimentos industriais (Ribeiro et al., 2020; Santos et al., 2020; Rosário et al., 2021; Souza et al., 2021).

Para avaliar a influência da cobertura vegetal sobre áreas com maior ocorrência de focos erosivos, foi calculado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). O cálculo foi realizado utilizando composições temporais da série Landsat Collection 2 Tier 1

Level 2 8-Day NDVI Composite, que são produzidas a partir de cenas ortorretificadas de Nível 2 e processadas pela plataforma Google Earth Engine (GEE).

Médias anuais foram extraídas em formato CSV e imagens em formato GeoTiff foram geradas, abrangendo o período de 1985 a 2023. O NDVI, desenvolvido por Rouse et al. (1973), permite a avaliação da condição saudável da vegetação por meio de um cálculo específico que utiliza as bandas do infravermelho próximo e do vermelho, normalizando os valores em um intervalo de -1 a +1 (Xavier; Fortes, 2023).

A condição da vegetação pode ser determinada através da variação entre a intensidade de reflexão nas faixas do infravermelho próximo e do vermelho. Essa variação é então dividida pela soma das reflexões nessas duas faixas, sendo expressa matematicamente pela equação (1):

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (1)$$

em que NDVI = Normalized Difference Vegetation Index; NIR = banda do infravermelho próximo; R = banda do vermelho.

Para analisar as feições erosivas da praia, foram utilizados os pontos demarcados em áreas críticas (etapa de campo).

### **Avaliação da vulnerabilidade física da orla de Vila do Conde**

Seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Decreto n° 5.300, datado de 7 de dezembro de 2004 (Brasil, 2004), no que se refere à categorização das orlas brasileiras, e de acordo com as especificações do Projeto Orla (MMA; MPOG, 2006) no que concerne aos afastamentos das linhas de costa; as áreas litorâneas ou costeiras classificadas como naturais são aquelas mantidas e preservadas, com edificações que possuem recuos superiores a 200 metros.

Por outro lado, orlas ou costas, em estágio de urbanização ou já urbanizadas são, respectivamente, aquelas com potencial de impacto variando de baixo a alto, apresentando paisagens parcialmente a intensamente modificadas, e construções

situadas a uma distância que pode variar de menos de 50 metros a mais de 50 metros da linha de costa, conforme destacado por Negrão et al. (2022).

Assim, para descrever a ocupação da faixa costeira em relação à posição das edificações em relação à linha de costa de Vila do Conde, foram estabelecidas três condições (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação utilizada para descrever a ocupação da área costeira.

Classificação do posicionamento das construções de origem antrópica	
Distante	A mais de 200 metros
Próximo	A mais de 50 metros
Muito Próximo	A menos de 50 metros ou diretamente sobre a linha de costa

Fonte: Negrão et al. (2022).

De acordo com Negrão et al. (2022), os resultados do grau de vulnerabilidade física e a posição das construções para avaliação do grau de risco, será: (1) risco muito elevado, os locais com vulnerabilidade física muito alta e construções muito próxima da praia (menos de 50 m); (2) risco moderado, os locais com vulnerabilidade física moderada a baixa e construções a mais e menos de 50 m da linha de costa; e (3) risco baixo/sem risco iminente, os locais com as construções distante (maior que 200 m).

## Resultados e Discussão

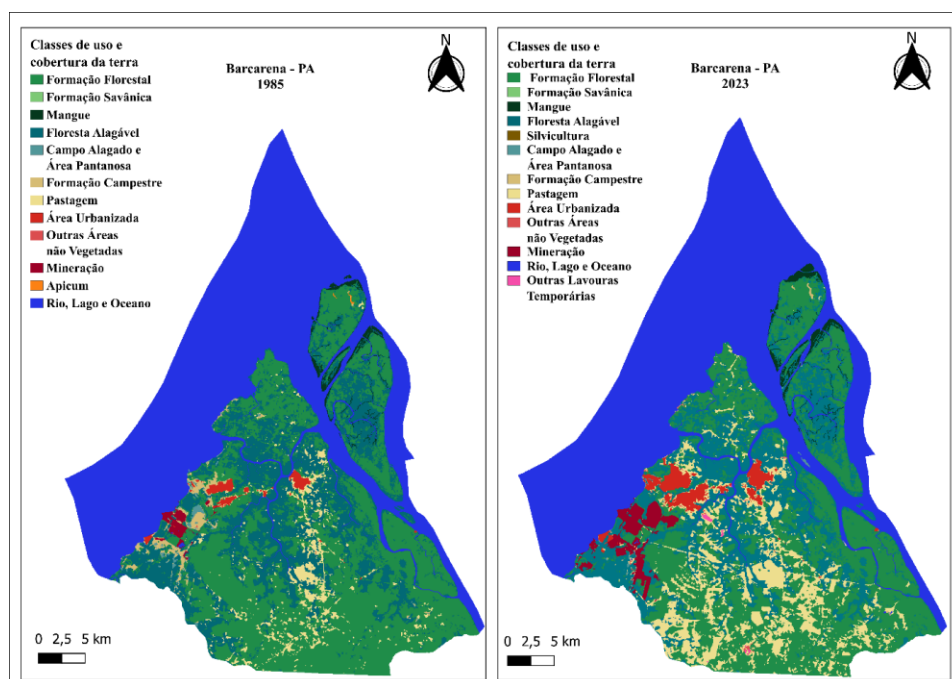
### Mudança de uso e cobertura da terra em Barcarena – PA

Os resultados apresentados na mapa 2 e na Tabela 2 evidenciam uma expressiva redução na classe de Formação Florestal, com uma perda de 17,2% ao longo do período analisado. Esse declínio reflete uma redução significativa da cobertura vegetal original da região. A Formação Savânica praticamente desapareceu, com uma queda de 96,06%, e a Formação Campestre teve uma diminuição ainda mais acentuada, de 89,9%, evidenciando a redução das áreas naturais não florestais.

Além disso, a Floresta Alagável sofreu uma perda de 7,9%, enquanto a classe de Campo Alagado e Área Pantanosa teve uma diminuição expressiva de 75,9%. O Apicum, que existia em 1985, não aparece mais nas classificações recentes, sugerindo uma substituição completa dessa classe ao longo do tempo. Por outro lado, algumas áreas naturais apresentaram crescimento. A classe de Mangue foi uma das poucas que expandiram sua área, com um aumento de 18,7%, o que pode estar associado a processos naturais de sedimentação e adaptação a mudanças ambientais.

Entre as áreas antropizadas, o crescimento foi expressivo. A classe de Pastagem aumentou 222,5%, passando a ocupar 14,97% da área total, o que reflete a intensificação das atividades agropecuárias na região. Além disso, surgiram novas ocupações do solo, como Outras Lavouras Temporárias, que agora representam 0,1%, e a Silvicultura, que ocupa 0,004% da área total. As áreas urbanizadas também tiveram um crescimento notável, passando de 1,05% para 2,85%, um aumento de 171,6% pontos percentuais, indicando a expansão da ocupação humana. O setor de Mineração, por sua vez, registrou um aumento de 278,8%, refletindo a intensificação dessa atividade econômica e seu impacto na paisagem.

Mapa 2 - Uso e cobertura da terra no município de Barcarena - PA nos anos 1985 e 2023.



Fonte: Oliveira (2025)

Os dados mostram um cenário de transformação intensa no uso e cobertura do solo ao longo das últimas décadas. A perda de vegetação natural, especialmente da Formação Florestal e das áreas alagáveis, sugere um impacto significativo das atividades humanas, associado ao avanço da agropecuária, mineração e urbanização. A redução da vegetação natural pode ter consequências ambientais importantes, como aumento da erosão, mudanças nos regimes hidrológicos e perda de biodiversidade.

Em comparação, Furtado et al. (2023) analisou a vulnerabilidade e a integridade das classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi entre 1990 e 2020. Os resultados mostraram uma expressiva redução da classe de Formação Florestal, com diminuições de 2,19%, 13,82% e 17,49% ao longo dos períodos analisados. Em contraste, a classe de Área Antropizada aumentou de 0,31% para 23,29%, com um crescimento final de 17,01%.

Tabela 2 - Dinâmica das áreas de uso e cobertura da terra entre os anos de 1985-2023 no município de Barcarena - PA.

Classes		1985		2023		Variação %
		Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)	1985 e 2023
Floresta	Formação Florestal	45.032,70	57,06	37.287,39	47,20	-17,20
	Formação Savânica	20,91	0,03	0,71	0,001	-96,06
	Mangue	1.150,40	1,46	1.365,70	1,73	18,70
	Floresta Alagável	25.638,84	32,48	23.607,17	29,89	-7,90
Formação natural não-florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	545,13	0,69	131,64	0,17	-75,90
	Formação Campestre	1.338,61	1,70	134,95	0,17	-89,90
	Apicum	28,06	0,04	-	-	-
Agropecuária	Pastagem	3.665,88	4,64	11.822,75	14,97	222,50
	Outras Lavouras Temporárias	-	-	80,43	0,1	-
	Silvicultura	-	-	3,22	0,004	-
Área não vegetada	Área Urbanizada	828,88	1,05	2.251,51	2,85	171,60
	Mineração	582,75	0,74	2.207,49	2,8	278,80

Fonte: Coleção 9 Mapbiomas.

Coelho et al. (2009) observaram que Barcarena se transformou em um relevante polo exportador de commodities minerais, com a presença de grandes empresas, tanto nacionais quanto internacionais. Nesse cenário, Souza e Lisboa (2006) ressaltaram que a vegetação original do município foi amplamente removida devido ao desmatamento, resultando em uma maior prevalência de vegetação secundária, florestas de várzea, florestas de terra firme e campinas arenosas.

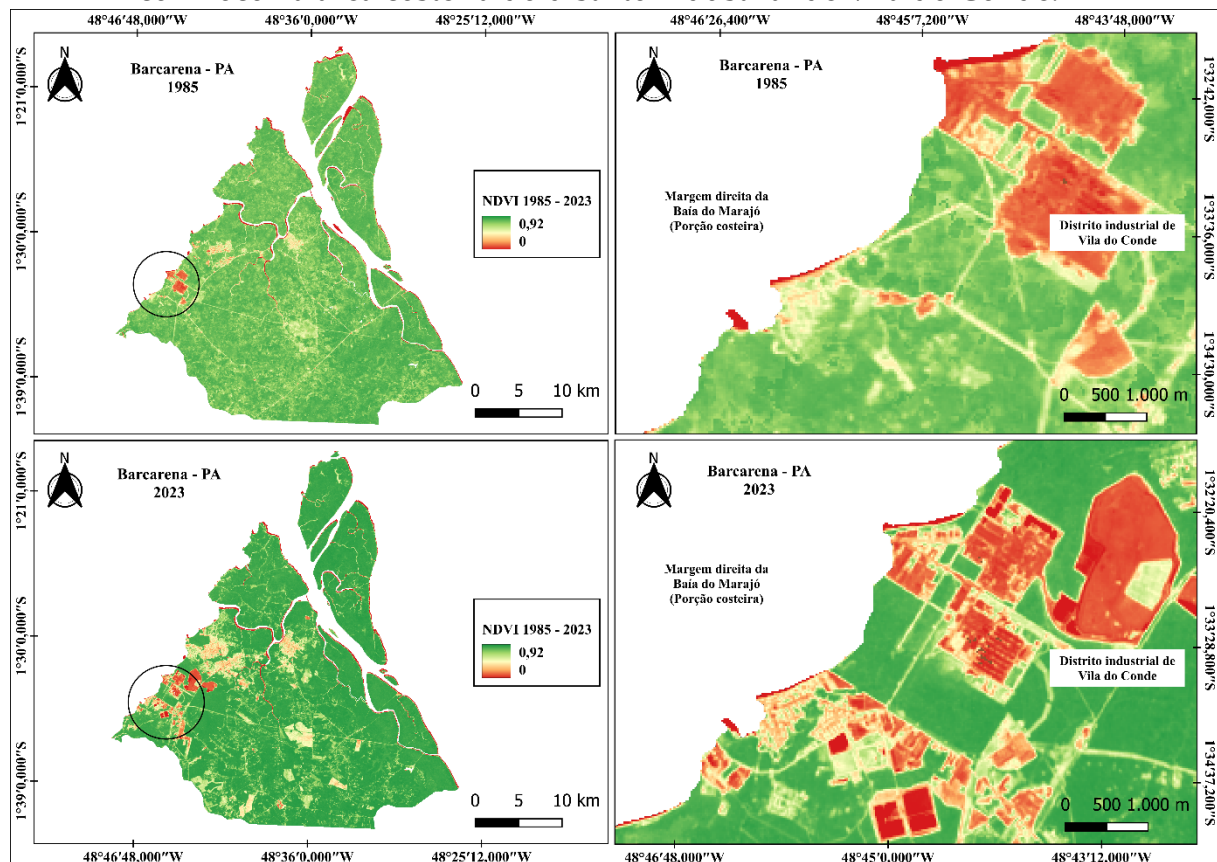
A análise visual de imagens de alta resolução, conforme discutido por Da Silva Junior et al. (2023), foi fundamental para o mapeamento do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga (BHRI) em Barcarena, PA. A predominância de áreas dedicadas à agropecuária e à mineração reflete a pressão antrópica na BHRI. Essa transição revela um processo de degradação ambiental, onde as áreas de vegetação nativa estão sendo substituídas por atividades de uso do solo que impactam negativamente os ecossistemas locais.

### **Análise integrada das feições erosivas e do NDVI**

A análise do NDVI foi conduzida para o município de Barcarena, com foco também no distrito industrial de Vila do Conde. A partir de dados extraídos e processados, foram observadas as variações nos valores de NDVI, que oscilaram de 0 a 0,92, entre os anos de 1985 e 2023 (mapa 3). Na análise de NDVI, optou-se por retirar a área do rio do processamento dos dados devido à sua influência significativa nos valores obtidos.

Valores de NDVI próximos de 0 sugerem a presença de áreas sem cobertura vegetal, como superfícies de água, solo exposto ou áreas urbanizadas, evidenciando regiões onde fatores naturais ou antrópicos impactaram a vegetação. Por outro lado, os picos de até 0,92 refletem zonas com vegetação densa e vigorosa, indicando áreas bem preservadas ou em recuperação, e menor interferência humana. Essa amplitude na variação do NDVI ao longo das décadas aponta para um cenário em que as flutuações na vegetação podem estar relacionadas a mudanças no uso da terra, processos de urbanização e práticas de exploração de recursos naturais.

Mapa 3 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de Barcarena, Pará, com foco na área costeira do distrito industrial de Vila do Conde.



Fonte: Oliveira (2025)

O mapa ampliado destaca o distrito industrial de Vila do Conde, onde se localiza o porto de mesmo nome. Inaugurado em 1985, o porto de Vila do Conde é projetado para a movimentação e navegação de embarcações de grande calado. Esta infraestrutura portuária é voltada principalmente para operações com graneis minerais, mas também abrange o manejo de graneis agrícolas, líquidos, carga viva, carga geral e contêineres (CDP, 2024).

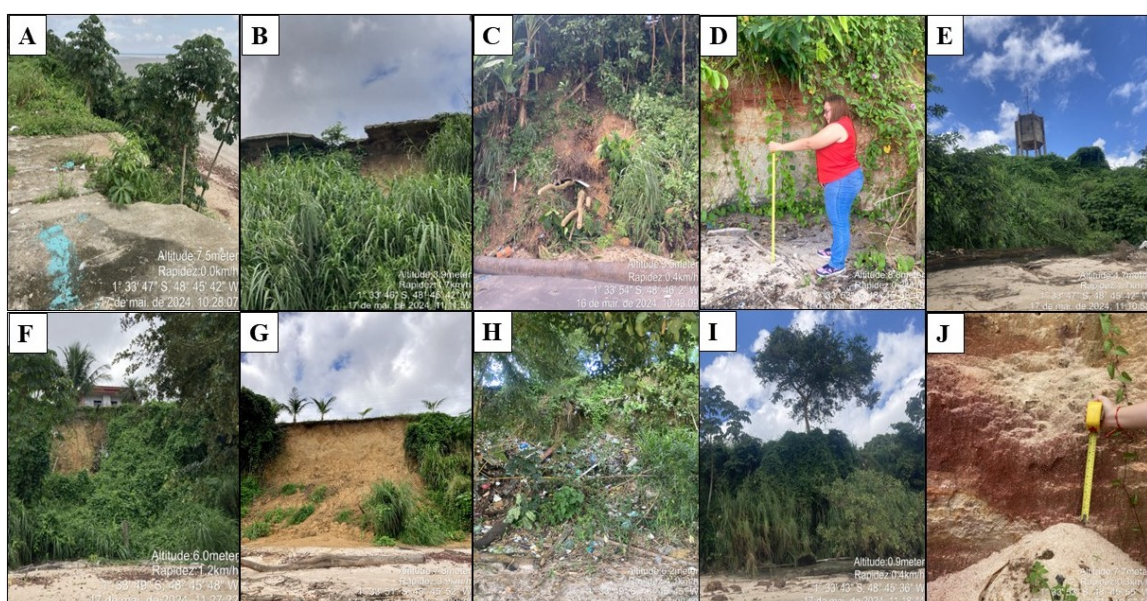
O valor máximo de NDVI oscilou de 0,87 em 1992 a 0,99 em 2012, refletindo épocas de alta densidade de cobertura vegetal. O NDVI médio variou entre 0,61 em 1991, indicando menor vigor médio da vegetação, e 0,82 em 2019, apontando para um período de vegetação mais robusta e saudável. Por outro lado, os valores mínimos de NDVI registraram oscilações expressivas, com destaque para 2019, quando o índice mínimo atingiu -0,95, sugerindo a presença de superfícies como solo exposto, onde a vegetação está ausente.

Valores próximos foram observados no estudo de Dos Santos et al. (2024) em Nova Ipixuna do Pará, onde a classe de vegetação mais densa apresentou valores de NDVI superiores a 0,77, para o período de 1990 a 2022. Esses valores correspondem a áreas com vegetação robusta, semelhantes aos padrões observados em Barcarena, especialmente nas áreas com NDVI acima de 0,80, que representam vegetação mais densa.

Ao analisar as imagens multitemporais da cobertura vegetal do Complexo Industrial no município de Barcarena - PA, entre os anos de 2006 a 2016, Tavares et al. (2021) discutiu que os valores obtidos por meio da álgebra de mapas e gráficos dos índices NDVI apresentaram diferenças entre os anos de 2006 a 2016 das áreas de Floresta DES e Não Floresta, onde a cobertura vegetal teve uma diminuição de área verde de 515,084 ha, ou seja através dos gráficos e dos mapas gerados do NDVI constatou-se que houve uma perda de 12,55% da cobertura vegetal no Complexo industrial de Barcarena entre os anos de 2006 ao ano de 2016.

Na identificação dos principais pontos de erosão na praia, foi observado que a área de estudo apresenta uma diversidade de locais com características variadas de erosão e estabilidade da encosta (painel 1).

Painel 1 - Erosão na área costeira da praia de Vila do Conde, Barcarena - PA.



Fonte: Oliveira (2025)

Essa heterogeneidade é resultado da interação complexa entre processos naturais, como a ação das ondas, variações climáticas, e intervenções humanas, como construção de infraestruturas, desmatamento e uso do solo. Locais onde a vegetação nativa foi preservada tendem a exibir maior estabilidade, enquanto áreas com solo exposto ou modificações artificiais apresentam sinais acentuados de erosão.

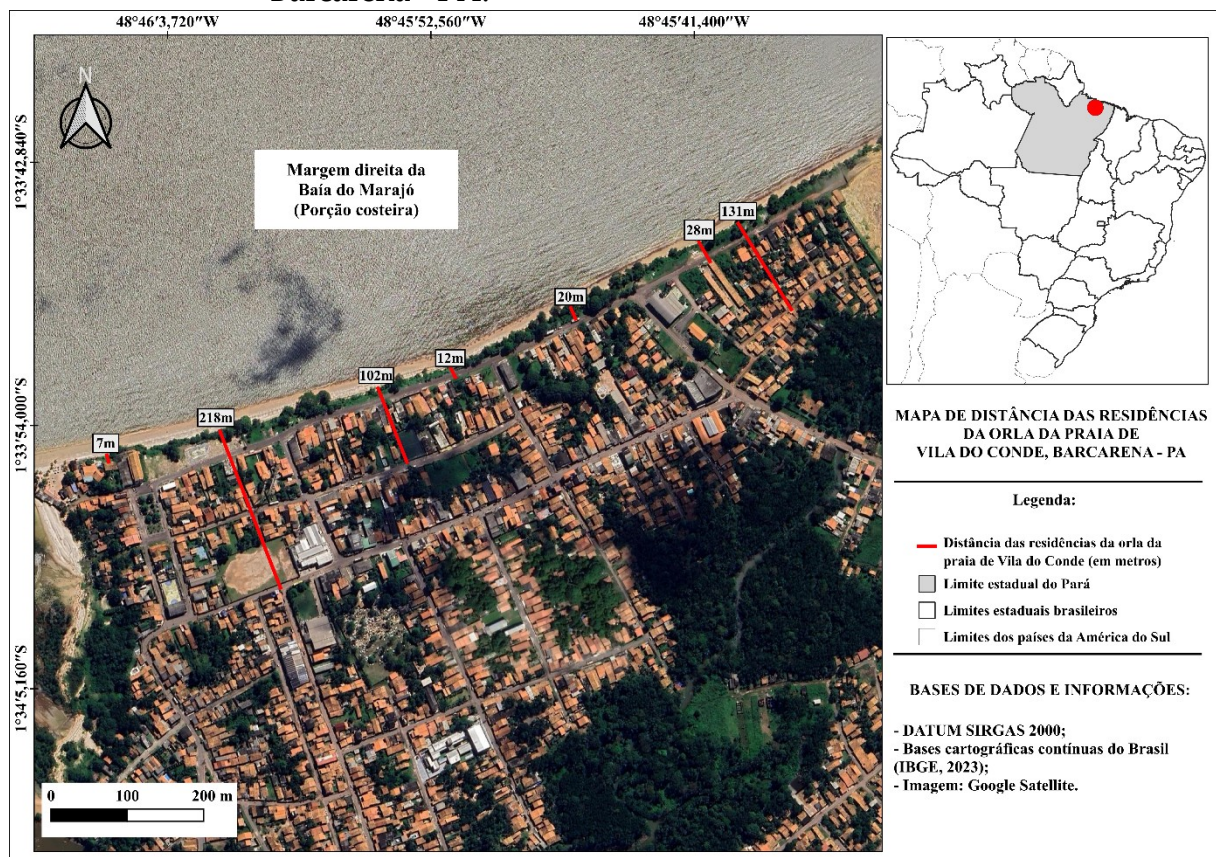
Nessa mesma região, verificou-se que a praia Grande (Barcarena) possui característica reflectiva intermediária, com alta declividade e face praial bem mais curta, com ondas mergulhantes na preamar, migrando para ondas deslizantes na baixamar (Maamar et al., 2023). A análise geral da área indica que, mesmo em seu estado natural, ela já apresentava uma predisposição para a erosão devido às características do solo, à topografia e à ação da maré. No entanto, o impacto antrópico acelerou significativamente esses processos. Atividades como construções próximas à margem, remoção da vegetação nativa, e o descarte inadequado de lixo são fatores que aumentam a vulnerabilidade da região à erosão.

Segundo Santos et al. (2020) no distrito industrial de Barcarena, que nasce com a chegada das empresas, onde se concentra o maior número de ocupações devido à proximidade com a mesma, há grande mobilidade dos trabalhadores de outras zonas ocupadas devido ao crescimento populacional. As zonas costeiras que estão em localidades próximas ao distrito sofrem intensa ocupação residencial, estas áreas são compostas por uma rica diversidade, porém, as ocupações desordenadas geram danos irreversíveis ao meio ambiente.

Costa Filho et al. (2015) observaram uma área total de 549,99 km<sup>2</sup>, representando 366,43% da superfície do município com suscetibilidade erosiva média a muito alta. A degradação dos solos na região é fortemente afetada por atividades humanas, com a agropecuária predominando no uso e ocupação do solo, sendo um dos principais fatores responsáveis pela deterioração do solo, conforme indicado por Simões e Oliveira (2014).

Além disso, De Freitas et al. (2020) analisaram a variação sazonal da vulnerabilidade à erosão no município e verificaram que, durante o verão e o outono austral, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio, a paisagem apresentou cenários moderadamente vulneráveis, correspondendo a 18,7%, ou seja, 130 km<sup>2</sup> do território, relacionados ao período mais chuvoso da região. No caso das residências localizadas a diferentes distâncias da orla da praia de Vila do Conde, foram classificadas conforme o grau de risco estabelecido pela metodologia de Negrão et al. (2022) (Carta imagem 1):

Carta Imagem 1 – Distância das residências da orla da praia de Vila do Conde, Barcarena - PA.



Fonte: Oliveira (2025)

a) Risco Muito Elevado (menos de 50 metros):

As residências situadas a 7 metros, 12 metros, 20 metros, 28 metros da linha de costa estão em áreas de alto risco. A proximidade extrema dessas construções à costa as expõe diretamente à zona de maior vulnerabilidade física, onde os impactos da erosão são mais severos. Essas áreas apresentam risco muito elevado de danos

estruturais e desmoronamentos, especialmente durante eventos climáticos extremos. A ocupação tão próxima da orla também dificulta a regeneração natural dos ecossistemas costeiros, que poderiam atuar como barreiras naturais contra a erosão;

b) Risco Moderado (mais de 50 metros, mas menos de 200 metros):

As residências a 102 metros e 131 metros da linha de costa estão em áreas de risco moderado. Embora estejam mais afastadas, ainda são vulneráveis à erosão costeira. Nesses casos, a vulnerabilidade física é menor do que nas áreas de risco muito elevado, mas ainda existe o potencial de impacto, uma vez que a linha de costa pode recuar com o tempo, comprometendo a integridade dessas construções;

c) Risco Baixo ou Sem Risco Iminente (mais de 200 metros):

As residências localizadas a 218 metros da linha de costa estão em uma área classificada como de baixo risco ou sem risco iminente. A distância considerável da linha de costa oferece maior segurança em relação aos impactos diretos da erosão.

Na situação relacionada à distância das residências da orla, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) (Brasil, 2012), que trata das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo das margens de corpos d'água, diz que "as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de":

- i. 30 metros, para cursos d'água com menos de 10 metros de largura;
- ii. 50 metros, para cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros;
- iii. 100 metros, para cursos d'água entre 50 e 200 metros de largura;
- iv. 200 metros, para cursos d'água entre 200 e 600 metros de largura;
- v. 500 metros, para cursos d'água com largura superior a 600 metros.

O Decreto 3.835/2024, regulamenta a Lei Estadual nº 9.064, de 25 de maio de 2020 (Pará, 2020) que instituiu a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC/PA). De acordo com o decreto, ficam estabelecidos os limites da orla fluvio-

estuarina e marinha paraense e os limites na faixa terrestre observarão a ocorrência dos seguintes aspectos geomorfológicos, de acordo com os seguintes critérios:

- i. Terrestre: 50 (cinquenta) metros em áreas urbanizadas ou 200 (duzentos) metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, restingas, manguezais, marismas, estuários, canais de maré ou braços de mar, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos;
- ii. Estuários: 50 (cinquenta) metros em áreas urbanizadas ou 200 (duzentos) metros em áreas não urbanizadas contados na direção do continente, a partir do limite máximo de distribuição do ecossistema manguezal/apicuns e outros ecossistemas inundáveis, em ambas as margens e ao longo delas, ou até onde a salinidade da água possa ser registrada em valor mínimo de 0,5 (cinco décimos) partes por mil, ou até onde ocorra a influência de maré.

No contexto da erosão costeira e da proximidade de construções em áreas litorâneas, as faixas de preservação ao longo da linha da costa são consideradas áreas de preservação permanente e devem obedecer a essas distâncias mínimas para proteger o ecossistema e mitigar os riscos de degradação ambiental, como o avanço da erosão e desmoronamentos. As residências mais próximas à linha de costa, especialmente aquelas situadas a menos de 50 metros, estariam em áreas de maior vulnerabilidade e, potencialmente, dentro de áreas de preservação permanente (APPs).

### **Considerações Finais**

Este estudo investigou o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o uso e cobertura da terra no município de Barcarena, Pará, entre 1985 e 2023, além de mapear feições erosivas na praia de Vila do Conde. A análise do NDVI proporcionou uma visão detalhada da saúde da vegetação, identificando zonas de maior vigor vegetativo. Os resultados revelaram que as áreas de vegetação densa

registraram os maiores valores de NDVI, reforçando a importância dessas zonas para a conservação ambiental.

Em contrapartida, observou-se um aumento significativo na urbanização, atividades agrícolas e mineração, fatores que contribuíram para a redução das áreas de vegetação nativa. Esse processo de mudança na cobertura do solo reflete o impacto das atividades humanas sobre o ambiente natural de Barcarena. Em relação à análise das feições erosivas e à proximidade das residências em relação à orla, constatou-se uma ocupação urbana significativa nas áreas costeiras. A configuração do uso da terra nessa região demonstra a crescente pressão urbana e a intensificação das atividades econômicas, resultando em uma maior vulnerabilidade da costa à erosão.

## Referências

ALCÂNTARA, C. R.; DIAS, M. A. S.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. Verification of the role of the low-level jets in Amazon squall lines. **Atmospheric Research**, v. 100, n. 1, p. 36-44, 2011.

BERRY, G.; REEDER, M. J. Objective identification of the intertropical convergence zone: Climatology and trends from the ERA-Interim. **Journal of climate**, v. 27, n. 5, p. 1894-1909, 2014.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 7ª Edição, Editora ícone. São Paulo, SP, 2008.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**: Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União. 2012. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. **Decreto n.º 5.300, de 7 de dezembro de 2004**. Regulamenta a Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Brasília: DOU de 8/12/2004.

CALLIARI, L. J.; MUEHC, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR., E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista brasileira de oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003.

CARMO, M. B. S.; COSTA, S. M. F. Os paradoxos entre os urbanos no município de Barcarena, Pará. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, p. 291-305, 2016.

CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M.; DE SOUZA, N. M.; DA SILVA MELO, M. T. (Ed.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Finatec, 2006.

CAVALCANTE, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA DIAS, M. A. F.; JUSTI, M. G. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 2009.

CLIMATE HAZARDS GROUP INFRARED PRECIPITATION WITH STATIONS - CHIRPS. Climate Hazard Center – UC Santa Bárbara. Disponível: [https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global\\_annual/tifs/](https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_annual/tifs/). Acesso em: 10 nov. 2024.

COELHO, M. C.; DE ABREU MONTEIRO, M.; SANTOS, I. C. Políticas públicas, corredores de exportação, modernização portuária, industrialização e impactos territoriais e ambientais no município de Barcarena, Pará. **Novos Cadernos NAEA**, v. 11, n. 1, 2009.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly weather review**, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.

COMPANHIA DOCAS DO PARÁ. PORTO DE VILA DO CONDE – CDP. Disponível em: <<https://cdp.com.br/porto-de-vila-do-conde/>>. Acesso em: 30 out. 2024.

COSTA FILHO, F. A.; BELTRÃO, A.; MORALES, G.; RIBEIRO, H. M.; VERA, M. Análise de suscetibilidade erosiva no município de Barcarena–PA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

EGLER, C. A. Apontamentos para a geoeconomia da fronteira marítima brasileira. 2023. In: PÊGO, B. C.; NAGAMINE, L.; KRÜGER, C.; MOURA, R. **Fronteiras do Brasil: o litoral em sua dimensão fronteiriça**. Brasília: Ipea. 2023.

FERREIRA, D. B. S.; BARREIROS DE SOUZA, E.; CAVALCANTI DE MORAES, B.; MEIRA FILHO, L. G. Spatial and temporal variability of rainfall in eastern Amazon during the rainy season. **The Scientific World Journal**, v. 2015, n. 1, p. 209783, 2015.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.

FREITAS, P. L.; MANZATTO, C. V.; COUTINHO, H. L. C. A crise de energia e a degradação dos recursos naturais-solo, ar, água e biodiversidade. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 26, n. 4, p. 7-9, 2001.

FREITAS, S. J. N. de; DA SILVA PIMENTEL, M. A.; SODRÉ, G. R. C.; DA SILVA SANTOS, M. R. Vulnerabilidade aos processos erosivos relacionada com a

sazonalidade no município de Barcarena, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 448-462, 2020.

FURTADO, L. G.; MORALES, G. P.; DE SÁ, J. A. S.; MIRANDA, L. C.; DOS SANTOS JESUS, E.; BOTELHO, M. G. L.; PEREIRA, C. B.; DE ALMEIDA BATISTA, V. Fragilidade e integridade de padrões de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Murucupi, Barcarena, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 388-402, 2022.

GALINA, A. B.; ILHA, D. B.; PAGOTTO, M. A. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 18, n. 6, 2022.

GARSTANG, M.; MASSIE, H. L.; HALVERSON, J.; GRECO, S.; SCALA, J. Amazon coastal squall lines. Part I: Structure and kinematics. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 4, p. 608-622, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama, Barcarena**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/barcarena/panorama>>. Acesso em: 13 de jun. de 2024.

KAMPEL, S. A.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Análise espacial do processo de urbanização da Amazônia. **São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2001.

KOUSKY, V. E.; KAGANO, M. T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 4, p. 743-758, 1981.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature climate change**, v. 5, n. 1, p. 27-36, 2015.

LIEBMANN, B.; HENDON, H. H. Synoptic-scale disturbances near the equator. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 47, n. 12, p. 1463-1479, 1990.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

MAÂMAR, E. R.; SILVA, P. V. M.; COIMBRA, M. V. R. Morfodinâmica e transporte de sedimentos em praias amazônicas de meso-marés: o caso da Vila do Conde (Barcarena/Pará). **Caderno de Geografia**, v. 33, n. 75, p. 1300-1328. 2023.

MARTÍNEZ, S.; MOLLICONE, D. From land cover to land use: A methodology to assess land use from remote sensing data. **Remote Sensing**, v. 4, n. 4, p. 1024-1045, 2012.

MATOS, A. P. de; COHEN, J. C. P. Circulação de brisa e a banda de precipitação na margem leste da baía de Marajó. **Ciência e natureza**, v. 38, p. 21-27, 2016.

[Geopauta](#), Vitória da Conquista, **V. 9, 2025, e17527**



Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da [CC BY](#)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO – MMA; MPOG. **Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada**. Brasília: MMA. 2006.

MIRANDA, M. R. da S.; DE SOUZA NEVES, L. F.; KREITLOW, J. P.; SILVA NEVES, S. M. A. da; NEVES, R. J. Distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no bioma Pantanal, Cáceres-Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 65, p. 91–108, 2018.

NEGRÃO, Y. S.; SOUSA, H. C.; RANIERI, L. A. Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de riscos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, p. 1264-1284, 2022.

OLIVEIRA, G. B.; ALCÂNTARA, C. R.; DE SOUZA, E. P. Caracterização de perfis de vento no ambiente de formação das linhas de instabilidade amazônicas. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 393-403, 2016.

PARÁ. **Lei Estadual nº 9.064, de 25 de maio de 2020**. Diário Oficial do Estado do Pará. 2020. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/6556.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2024.

PAZ, A. C.; FRÉDOU, F. L.; FRÉDOU, T. Caracterização da atividade pesqueira em Vila do Conde (Barcarena, Pará), no estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 6, p. 307-318, 2011.

PEREIRA, J. C. M. A urbanização da Amazônia e o papel das cidades médias na rede urbana regional. **O rural e o urbano na Amazônia: diferentes olhares em perspectivas**. Belém: EDUFPA, p. 23-52, 2006.

PEREIRA, L. C. C.; DIAS, J. A.; DO CARMO, J. A.; POLETTE, M. A zona costeira amazônica brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 2, p. 3-7, 2009.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo do Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>>. Acesso em: 10 out. de 2024.

PROST, M. T.; MENDES, A. C. **Ecosistemas costeiros: impactos e gestão ambiental**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001.

RIBEIRO, E. S.; RAAD, S. M.; NASCIMENTO, R. S. C.; DOS REIS, N. S.; DE OLIVEIRA FARO, B. L. S.; DA SILVA CARNEIRO, F.; DOS SANTOS, J. C. Análise da distribuição espacial da cobertura vegetal no município de Santa Barbara/PA. **Natural resources**, v. 10, n. 3, p. 8-14, 2020.

ROSÁRIO, R. R.; BARBOSA, M. T.; DA SILVA CARNEIRO, F.; COSTA, M. D. S. S. Uso e ocupação do solo do município de novo progresso no Estado do Pará-

Brasil. **Research, society and development**, v. 10, n. 1, p. e51210112060-e51210112060, 2021.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA Spec. Publ**, v. 351, n. 1, p. 309, 1974.

SANTOS E SILVA, C. M.; RODRIGUES, D. T.; MEDEIROS, F.; VALENTIM, A. M.; DE ARAÚJO, P. A. A.; DA SILVA PINTO, J.; MUTTI, P. R.; MENDES, K. R.; BEZERRA, B. G.; DE OLIVEIRA, C. P.; GONÇALVES, W. A. Diurnal cycle of precipitation in Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 155, n. 8, p. 7811-7826. 2024.

SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. S. Synoptic patterns of atmospheric circulation associated with intense precipitation events over the Brazilian Amazon. **Theoretical and applied climatology**, v. 128, p. 343-358, 2017.

SANTOS, G. G. dos; OLINDA, D. R.; NERIS, J. P. F.; RODRIGUES, M. S.; NARUSAWA, Í. D. S.; DA SILVA, W. R.; SOUZA, I. N. G.; DOS SANTOS, G. G.; DOS SANTOS, M. G. Análise do uso e cobertura do solo utilizando Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no município de Nova Ipixuna, Pará, Amazônia. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 10, p. e7345-e7345, 2024.

SANTOS, J. C.; BARROS, J. W. C.; MARINHO, F. G. G.; DE SOUZA SAKUMA, F. Y.; NOVAIS, T. D. N. O.; NASCIMENTO, J. L. P.; CARNEIRO, F. S. Caracterização do uso e cobertura do solo do município de Concórdia do Pará utilizando geotecnologias. **Natural Resources**, v. 10, n. 2, p. 33-37, 2020.

SANTOS, J. S. dos; DA SILVA, J. A. L.; DE OLIVEIRA, R. D. Ambiente e Sociedade: Exploração Ambiental e Social em Barcarena/PA. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 8, n. 19, 2020.

SANTOS, J. S.; MOTA, M. A. S.; ROCHA, E. J. P. Classificação climatológica da energia potencial disponível para a convecção na cidade de Belém-PA. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 29, p. 60-72, 2014.

SANTOS, P. L. dos; RODRIGUES, T.; DA SILVA, J. M. L.; VALENTE, M. **Caracterização e classificação dos solos do Município de Barcarena**, Estado do Pará. 2003a.

SANTOS, P. L. dos; RODRIGUES, T.; VALENTE, M.; DA SILVA, J. M. L.; SANTOS, E. D. S.; ROLIM, P. **Zoneamento agroecológico do Município de Barcarena**, Estado do Pará. 2003b.

SILVA JUNIOR, O. G. da; VASCONCELOS, M. A. M.; BITTENCOURT, P. C. S.; MIRANDA, L. C.; DE MELO, P. A.; DOS SANTOS, A. V. F.; MELO, K. C. P.; CECIM, L. V.; PIMENTEL, J. A. B. Uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio

Itaporanga - Barcarena na Amazonia Paraense. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 6, p. 4861-4885, 2023.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S. M.; BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 175-218, 2004.

SIMÕES, P. M. L.; OLIVEIRA, C. V. Avaliação da susceptibilidade à erosão e aos movimentos de massa no município de Ibitité. **Geonomos**, v. 22, n. 1. 2014.

SOUSA, A. C.; CANDIDO, L. A.; SATYAMURTY, P. Convective cloud clusters and squall lines along the coastal Amazon. **Monthly Weather Review**, v. 149, n. 11, p. 3589-3608, 2021.

SOUZA, A. P. D. S.; LISBOA, R. C. L. Aspectos florísticos e taxonômicos dos musgos do município de Barcarena, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 1, n. 1, p. 81-104. 2006.

SOUZA, C. B. G.; CARNEIRO, F. da S.; RODRIGUES, H. C. T.; RIBEIRO, E. G. P.; AMARAL, A. P. M. do; SILVA, J. S. L. P. da; ARAUJO, S. C. A.; CASTRO, C. V. B. Spatio-temporal analysis of the Permanent Protection Area for municipal environmental management in Parauapebas in the state of Pará-Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e24110615491, 2021.

SOUZA, C. R. G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009.

SOUZA, E. B. D.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the El Niño, La niña and Atlantic Dipole Paterni on the Amazonian Rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

SOUZA, E. B. de; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 177-191, 2005.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. **Restingas, origem, estrutura, processos**, p. 477, 1984.

TAVARES, L. C.; COSTA, J. A. da; ARAÚJO, A. R. da R.; GARCIA, F. H. M.; CARNEIRO, F. da S.; AMARAL, A. P. M. do; BRAGA, E. O.; GARCIA, T. de S. The use of the index of vegetation by normalized difference in the multitemporal analysis of vegetation cover in the industrial complex of the municipality of Barcarena-Pará-Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e23010715470, 2021.

VALVASSORI, M. L.; BACK, Á. J. Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1011-1019, 2014.

XAVIER, P. A. A.; FORTES, M. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia hidrográfica dos educandos na cidade de Manaus–Amazonas. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 02, p. 174-192, 2023.

YANG, H.; LI, S.; CHEN, J.; ZHANG, X.; XU, S. The standardization and harmonization of land cover classification systems towards harmonized datasets: A review. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 5, p. 154, 2017.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento – 001), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de Bolsa Produtividade.

---

### Contribuição dos autores:

Autor 1: Elaboração, discussão dos resultados, extração e processamento de dados

Autor 2: Extração e processamento de dados

Autor 3: Extração e processamento de dados

Autor 4: Supervisão, análise final dos resultados e revisão do texto

Autor 5: Supervisão, análise final dos resultados e revisão do texto

---

### Disponibilidade dos dados:

Os dados da pesquisa estão disponíveis no corpo do artigo

---