TERRITÓRIO QUILOMBOLA E FRAGILIDADES AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE INTEGRADA DAS DINÂMICAS SOCIOAMBIENTAIS DO QUILOMBO DO CUMBE (ARACATI/CE)

QUILOMBOLA TERRITORY AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITIES: AN INTEGRATED ANALYSIS OF THE SOCIO-ENVIRONMENTAL DYNAMICS OF THE CUMBE QUILOMBO (ARACATI/CE)

TERRITORIO QUILOMBOLA Y FRAGILIDADES AMBIENTALES: UN ANÁLISIS INTEGRADO DE LAS DINÁMICAS SOCIOAMBIENTALES DEL QUILOMBO DE CUMBE (ARACATI/CE)

Guitte Sousa[*]
guittesousa12@gmail.com
Francisca Dandara da Silva Albuquerque[**]
dandara.s.albuquerque@gmail.com
Debora Ribeiro dos Santos*
debyline@gmail.com
Gloria Maria Carneiro de Souza*
gloriamaria.ufc@gmail.com
Francisca Mairla Gomes Brasileiro*
mairlabrasileiro@gmail.com

[*]Universidade Federal do Ceará
[**] Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Recebido para publicação em 01/05/2026
Aceito para publicação em 01/09/2026

Resumo:
Os sistemas litorâneos são espaços dinâmicos, onde elementos naturais e ações humanas interagem de maneira complexa, gerando diferentes níveis de fragilidade ambiental. Desse modo, o presente escrito tem como objetivo avaliar a fragilidade ambiental do Território Quilombo do Cumbe (TQC), adotando como unidade espacial de análise a sub-bacia hidrográfica na qual o território está inserido. A abordagem metodológica fundamenta-se em uma análise integrada, apoiada na Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 1975) e na adaptação da proposta de Ross (1994; 2012). Executada nas seguintes etapas: levantamento bibliográfico; coleta e processamento de dados geoespaciais e elaboração cartográfica em ambiente SIG. Os resultados indicam uma predominância de áreas de dunas e planícies flúvio-marinhas, relevo plano a levemente ondulado e solos arenosos e hidromórficos, elementos que intensificam a fragilidade ambiental. Além disso, nota-se uma significativa presença de usos antrópicos, como carcinicultura e a expansão urbana. A análise integrada revela que a fragilidade é predominantemente alta e muito alta, apresentando um cenário de instabilidade relacionado às pressões ambientais e ao uso do território.

Palavras-chave: Injustiça ambiental, Comunidades tradicionais, Recursos naturais, Gestão integrada.

Este trabalho está licenciado com https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Abstract:
Coastal systems are dynamic spaces where natural elements and human actions interact in complex ways, generating varying degrees of environmental fragility. Thus, this paper aims to assess the environmental fragility of the Quilombo do Cumbe Territory, using the sub-watershed in which the territory is located as the spatial unit of analysis. The methodological approach is based on an integrated analysis, supported by General Systems Theory (Bertalanffy, 1975) and an adaptation of Ross's proposal (1994, 2012). It was carried out in the following stages: literature review; collection and processing of geospatial data; and cartographic production in a GIS environment. The results indicate a predominance of dune areas and fluvial-marine plains, flat to slightly undulating terrain, and sandy and hydromorphic soils—elements that intensify environmental fragility. Additionally, there is a significant presence of anthropogenic land uses, such as shrimp farming and urban expansion. The integrated analysis reveals that fragility is predominantly high and very high, presenting a scenario of instability related to environmental pressures and land use.

Keywords: Environmental injustice, Traditional communities, Natural resources, Integrated management.

Resumen:
Los sistemas litorales son espacios dinámicos en los que los elementos naturales y las acciones humanas interactúan de manera compleja, generando diferentes niveles de fragilidad ambiental. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la fragilidad ambiental del TQC, adoptando como unidad espacial de análisis la subcuenca hidrográfica en la que se inscribe dicho territorio. El enfoque metodológico se basa en un análisis integrado, apoyado en la Teoría General de los Sistemas (Bertalanffy, 1975) y en la adaptación de la propuesta de Ross (1994, 2012). Se llevó a cabo en las siguientes etapas: revisión bibliográfica, recopilación y procesamiento de datos geoespaciales, y elaboración cartográfica en un entorno SIG. Los resultados indican un predominio de zonas de dunas y llanuras fluvio-marinas, un relieve plano a ligeramente ondulado y suelos arenosos e hidromórficos, elementos que intensifican la fragilidad ambiental. Además, se observa una presencia significativa de usos antrópicos, como la cría de camarones y la expansión urbana. El análisis integrado revela que la fragilidad es predominantemente alta y muy alta, lo que configura un escenario de inestabilidad relacionado con las presiones ambientales y el uso del territorio.

Palabras-clave: Injusticia ambiental, Comunidades tradicionales, Recursos naturales, Gestión integrada.

INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, a proteção do patrimônio natural configura-se como um dos desafios prementes, dado o histórico do processo de exaustão dos recursos para subsidiar o crescimento econômico. Esse fenômeno, intensificado significativamente após a Revolução Industrial e potencializado pela aceleração tecnológica recente, consolidou um antagonismo entre o desenvolvimento social e a integridade dos sistemas naturais. Tal antagonismo reflete a desarticulação entre as demandas produtivas e a capacidade de suporte dos ecossistemas, evidenciando uma crise sociedade-natureza.

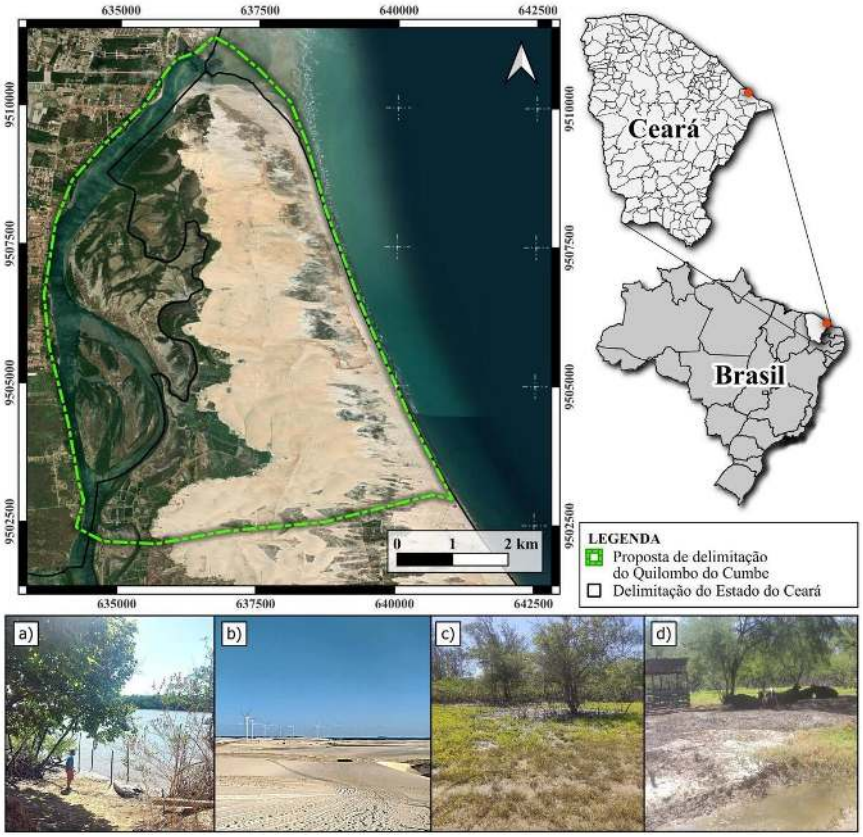
Nesse sentido, a conservação ambiental consolida-se como um eixo central da governança territorial contemporânea, envolvendo uma multiplicidade de atores que operam em distintas escalas e esferas de atuação. No cenário brasileiro, essa gestão é norteada pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a qual estabelece os preceitos fundamentais, a mitigação de impactos e a regeneração da qualidade ambiental, balizando as ações estatais e civis em busca de um modelo de desenvolvimento pautado na sustentabilidade (Brasil, 1981).

A implementação de estratégias e técnicas de avaliação de impacto e monitoramento ambiental, como diagnósticos, torna-se essencial para o planejamento e gestão ambiental, desse modo, destaca-se a análise da fragilidade ambiental, técnica amplamente difundida. De modo geral, a análise da fragilidade ambiental busca identificar diferentes níveis de suscetibilidade dos sistemas ambientais à degradação, considerando a interação entre seus componentes naturais e as formas de apropriação antrópica.

Tal perspectiva ganha relevância analítica ao recair sobre áreas ocupadas por populações tradicionais, cuja reprodução é intrinsecamente dependente da integridade dos serviços ecossistêmicos locais. Frequentemente estabelecidos em ecossistemas de elevada fragilidade ambiental e vulneráveis a vetores de pressão externa, tais domínios territoriais constituem unidades espaciais para a análise integrada das dinâmicas entre os sistemas naturais e sociais. Essa análise torna-se imperativa frente à expansão de frentes econômicas exógenas às populações e ao próprio país, as quais tendem a intensificar a eclosão de conflitos socioambientais e a comprometer a sustentabilidade dos recursos comuns.

Geograficamente inserido nesse cenário, o Território Quilombo do Cumbe (TQC) localiza-se no município de Aracati, no litoral leste do Ceará, a uma distância aproximada de 150 km da capital, Fortaleza (Figura 1). O TQC foi certificado pela Fundação Cultural Palmares no ano de 2014, contudo essa certificação constitui etapa distinta do processo de regularização fundiária do território quilombola, que é de responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O processo de regularização do Cumbe foi registrado no INCRA em 2015 e, até a data desta consulta (26 de agosto de 2026) o território permanece sem titulação definitiva, demonstrando que a certificação da comunidade não se confunde com a conclusão da regularização territorial.

Figura 1: Cartomapa de localização do território Quilombo do Cumbe, a) fotografia de um pescador e o Rio Jaguaribe, b) Campo de duna com aerogeradores do parque eólico, c) área de mangue parcialmente degradada, e d) gado descansando na sombra em área de mangue.



Fonte: A proposta de delimitação do território Quilombo do Cumbe baseou-se no trabalho de Santos (2024), sendo o Cartomapa e as fotos elaboradas pelas autoras.

A comunidade congrega cerca de 160 núcleos familiares, cuja subsistência atrela-se a sistemas produtivos tradicionais, com destaque para a pesca artesanal, a agricultura de pequena escala e o extrativismo de moluscos.

Do ponto de vista geoambiental, a área exibe elevada complexidade, caracterizando-se pela interface entre campos de dunas e ecossistemas de manguezal vinculados à bacia do Rio

Jaguaribe, configuração que estabelece o território como uma área de relevante valor socioambiental e ecológico.

A comunidade ocupa uma posição interessante ambientalmente, a leste, é delimitada por um complexo de dunas fixas e móveis paralelas à linha de costa, a oeste, faz fronteira com o ecossistema de manguezal, estruturado pela planície flúvio-marinha do Rio Jaguaribe em direção à sua desembocadura no município de Fortim/CE. Ademais, o território quilombola está inserido nos limites da única Unidade de Conservação de Uso Sustentável do município, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Estuário do Rio Jaguaribe (Figura 1). Essa sobreposição territorial confere à área uma densa complexidade jurídica e administrativa, uma vez que o manejo do solo deve conciliar os direitos territoriais étnicos com as restrições impostas pela legislação ambiental vigente.

Em função dessa configuração espacial e da disponibilidade de recursos, o território torna-se alvo de diversos agentes de exploração econômica, com destaque para a indústria da carcinicultura. Esta atividade exerce pressão sobre o balanço hídrico local ao captar volumes expressivos de água potável para o abastecimento de seus tanques de cultivo, além de comprometer a integridade do ecossistema fluvial por meio do efluente de resíduos químicos e materiais particulados. Tais práticas resultam na degradação da qualidade da água e representam uma ameaça direta à biodiversidade e ao equilíbrio ecológico da bacia do Rio Jaguaribe.

O território está principalmente ligado ao ecossistema de manguezal, do qual é considerado um dos mais producentes do mundo, possuem alta biodiversidade e exercem um equilíbrio ecológico da transição da água marinha (salgada) e continental (Melo, Soriano-Sierra e Veado, 2011; Theirs, Meireles e Santos,

2017), além de reduzirem processos de erosão e assoreamento ao controlar a deposição de sedimentos, entretanto no território devido à poluição produzida pelos dejetos da carcinicultura, tem sido recorrente a perda dessa diversidade e o processo gradual de "morte"[1] dessas áreas de manguezal.

Adicionalmente, verifica-se outra problemática de impacto equivalente: a expressiva expansão de complexos eólicos na região (Figura 1). Instalados sobre o ecossistema de dunas, esses parques compreendem aproximadamente 67 aerogeradores, cuja operação resulta em poluição sonora, visual e, fundamentalmente, em severas alterações na dinâmica ambiental sedimentar (Lima, 2024).

Para além dos impactos biofísicos, emerge um cenário de conflito territorial crítico, caracterizado pela restrição do livre acesso da comunidade quilombola à zona costeira. O cercamento promovido pelas empresas inviabiliza o uso pleno de espaços ancestrais e de direito, cerceando atividades tradicionais e a própria reprodução cultural do grupo, conforme corrobora a análise de Albuquerque (2022):

> É inconcebível que uma comunidade, tendo historicamente a terra como parte do seu bem viver, e estando em uma Área de Proteção Ambiental (APA) - ou seja, possuindo direitos legais de convivência com o lugar - tenha sua área de demarcação invadida. O que é vivenciado pelo Cumbe, no qual o direito de ir e vir passa a ser cerceado pela presença das eólicas, a exemplo do acesso à praia, que é barrado [...] (Albuquerque, 2022, p. 25).

Diante desse cenário de pressões, a comunidade articulou-se politicamente, culminando na fundação, em 2003, da Associação dos

[1] Em diálogos com os quilombolas, é comum ouvir a expressão "morte do mangue", quando relacionada a poluição e o desmatamento causados pela carcinicultura.

Pescadores/as, Artesão/ãs, Agricultores/as e Moradores/as do Cumbe. Esta instância de organização interna consolidou lideranças e fomentou ações de resistência e de afirmação da identidade étnico-racial no território.

Progressivamente, esse movimento convergiu para frentes de luta mais amplas em defesa dos direitos de povos tradicionais, estruturando uma rede de cooperação intermunicipal. Tal mobilização atraiu o suporte de pesquisadores e grupos acadêmicos de instituições como a Universidade Estadual do Ceará (UECE) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), estabelecendo uma práxis colaborativa na produção de conhecimento, conforme elucidam Nascimento, Oliveira e Jesus (2023):

> Diante do exposto, os danos socioambientais passaram a fazer parte do cotidiano dos quilombolas do Cumbe, o que exigiu dos mesmos ações imediatas. Essas lutas têm como enfoque o questionamento das formas pelas quais essas atividades econômicas são implementadas no território, vistas como incompatíveis com as práticas culturais locais. Com o intuito de intensificar tais questionamentos, o grupo social passa a denunciar os impactos negativos dessas atividades para a dinâmica territorial e a continuidade dos modos de vida tradicionais frente ao processo de privatização dos espaços de uso comunitário. (Nascimento; Oliveira; Jesus, 2023, p. 3).

Como desdobramento desse processo de auto-organização e do fortalecimento das redes de cooperação, a comunidade implementou o Turismo de Base Comunitária (TBC). Alinhada a essa perspectiva, destaca-se a "Festa do Mangue", evento anual de relevância nacional que congrega uma diversidade de atores sociais. Essa celebração constitui um espaço de convergência entre manifestações artístico-

culturais e a práxis política, reforçando os processos de resistência e a manutenção do "bem viver" no território. Assim, o evento reafirma a simbiose entre o grupo social e seu território, transformando a valorização do ecossistema em um instrumento de afirmação identitária e sustentabilidade territorial.

Sob essa ótica, estruturam-se as dinâmicas socioterritoriais do Quilombo do Cumbe, cujos pilares fundamentais convergem para a indissociabilidade entre a conservação ambiental e a salvaguarda cultural. Tais princípios manifestam-se no manejo adequado da biodiversidade local, abrangendo a integridade da fauna, da flora e dos sistemas hídricos e, simultaneamente, na proteção das tradições e da identidade coletiva. Esse processo fundamenta-se no resgate e na valorização da ancestralidade africana, estabelecendo uma práxis onde a manutenção dos ecossistemas é, essencialmente, uma estratégia de resistência e afirmação de sua continuidade histórica.

Diante de tais especificidades, o território em análise integra-se a uma dinâmica complexa, definida pela coexistência de múltiplos usos e interesses antagônicos. Essa realidade reitera a premência de investigações que privilegiem a integração entre os componentes biofísicos e as pressões antrópicas incidentes. Nesse contexto, a aplicação da análise de fragilidade ambiental no TQC permite transcender a mera descrição física, possibilitando a compreensão das inter-relações socioambientais e das repercussões geradas pelos modelos de uso e ocupação do solo sobre a sustentabilidade desse ecossistema.

Destaca-se ainda que em diversas pesquisas sobre o território em questão, como a de Castro e Santos (2025) e Albuquerque (2022), demonstram resultados que essa comunidade mantém uma relação simbiótica com o ambiente, utilizando os recursos naturais de forma

sustentável e articulando saberes tradicionais com práticas de conservação, sendo assim alternativas concretas à lógica degradadora do atual sistema econômico vigente, sendo fundamentais para a preservação dos ecossistemas e para a construção de formas mais sustentáveis da relação entre sociedade e natureza

Sob uma perspectiva de análise integrada das dinâmicas naturais, o presente artigo propõe-se a avaliar a fragilidade ambiental do TQC e correlacionar com os usos que são realizados pela comunidade, visando gerar subsídios para o reconhecimento do território. Nesse intento, o trabalho adota como unidade espacial de análise a sub-bacia hidrográfica na qual o território está inserido. A delimitação desse recorte justifica-se pela premissa de que as bacias hidrográficas constituem sistemas abertos complexos, consolidados na literatura científica como a unidade fundamental para estudos integrados e para a formulação de diretrizes de gestão. Tal abordagem viabiliza a compreensão das interações dinâmicas e dos fluxos de matéria e energia entre os diversos componentes biofísicos e socioambientais (Nascimento; Carvalho, 2021).

Os procedimentos voltados à mensuração e análise da fragilidade ambiental foram operacionalizados, em parte, sob o suporte de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Tais plataformas, amplamente empregadas em diagnósticos e no monitoramento territorial, permitem a integração sistêmica de variáveis físicas, bióticas e antrópicas da paisagem (Silveira, 2005 apud Rabelo, 2018). Atrelados ao conjunto das geotecnologias, esses ambientes computacionais viabilizam o exame das interações entre os componentes ambientais por meio da espacialização de dados, o

que resulta na geração de índices sintéticos fundamentais para a compreensão da fragilidade dos diferentes sistemas ambientais.

Material e Métodos

A metodologia estruturou-se nas bases teóricas da análise integrada, considerando, portanto, a interconectividade dos componentes naturais da paisagem e a apropriação antrópica, estando sempre em uma relação sistêmica. Assim, como considera Bertalanffy (1975), sob a lente da Teoria Geral dos Sistemas, mesmo que por menor que seja a parte, ela participa e influencia o todo, pois isoladamente não representa e nem abrange sua totalidade.

Para o presente artigo a análise baseou-se na perspectiva da fragilidade ambiental definida por Jurandir Ross (1994, 2012), tal abordagem tem como princípio básico definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes (naturais e/ou modificados) face ao desenvolvimento das atividades humanas. A aplicação da metodologia para área em estudo, contou com o acréscimo e a modernização de algumas etapas metodológicas, a qual de maneira geral foca na utilização da metodologia para sintetizar os fluxos de matéria e energia. O quadro 1 apresenta as variáveis que foram utilizadas no trabalho.

Quadro 1: Critérios para as variáveis da fragilidade ambiental.

VARIÁVEL	CRITERIOS
Geomorfologia – Geologia	Essa correlação fundamenta-se na compreensão de que a relação entre geologia e geomorfologia é indissociável, visto que as características litológicas e estruturais exercem controle direto sobre a gênese, a evolução e a morfologia das unidades de relevo (Sales e Nascimento, 2020).
Declividade	A declividade, por sua vez, será considerada como uma variável independente na análise, em razão das especificidades morfodinâmicas da área de estudo. Parte significativa do território é composta por depósitos eólicos litorâneos, sistemas dunares, cuja dinâmica superficial e configuração topográfica apresentam elevada variabilidade espacial.
Solos	A variável solo é a variável sensível pelas demais variáveis do meio físico, o solo é o resultado do clima, da rocha matriz, da biota, do relevo e do tempo necessário para o seu desenvolvimento, para Ross (1994), avaliar a fragilidade dos solos passa pela textura, estrutura, profundidade, grau de coesão e espessura.
Pluviometria	A variável climática para o cálculo da fragilidade ambiental potencial concentra-se na precipitação, a qual é o agente que afeta diretamente a dinâmica do sistema ambiental. Especialmente as chuvas intensas acentuam os processos morfodinâmicos, o que evidencia a relevância da intensidade pluviométrica, ao considerar que a distribuição uniforme ao longo do ano influencia menos a erodibilidade do que chuvas torrenciais (Spörl, 2007).
Uso e cobertura da terra	Os diferentes usos da terra acarretam processos que potencializam a degradação, os quais comprometem a cobertura vegetal, dificultando seu papel de proteção, como minimizar o impacto das gotículas das chuvas, o efeito splash, evitar a compactação do solo, proporcionar a distribuição das drenagens, que influenciam infiltração do solo, retardar a drenagem da chuva devido o aumento da infiltração, diminuindo o escoamento superficial, dificultando dos deslizamento de massa (Crepani *et al.*, 2001; Crepani, Medeiros e Palmeira, 2004).

Fonte: elaborado pelos autores.

Para tanto, as etapas da pesquisa consideram e respeitam as especificidades do Território Quilombo do Cumbe (TQC), iniciando por um levantamento bibliográfico, cujo objetivo foi a compreensão

da aplicabilidade dos modelos de fragilidade ambiental em ecossistemas litorâneos semiáridos e o entendimento das dinâmicas socioterritoriais intrínsecas à comunidade em questão. Seguido pela aquisição dos dados geoespaciais das variáveis, procedendo assim, o processamento e cartografia dos resultados.

A base de dados referentes à cartografia social foi obtida dos estudos realizados por Castro (2021), Santos (2024) e Castro e Santos (2025), que retratam as práticas, usos e dinâmicas socioterritoriais da comunidade quilombola do Cumbe. Como esses materiais não estavam em formato de arquivo compatível com os demais dados utilizados na pesquisa, os mapas foram georreferenciados utilizando o software QGIS, por meio da ferramenta nativa "Georreferenciador".

O procedimento consistiu na identificação e associação de pontos de controle encontrados nos mapas com as coordenadas geográficas correspondentes à localização real, permitindo sua integração ao sistema de referência espacial adotado na pesquisa, e assim, a vetorização em ponto das atividades exercidas pela comunidade. A vetorização dos pontos foi realizada utilizando a ferramenta de "amostrar valores do raster" nos pontos da atividade sobre o raster da fragilidade, assim obtendo o valor exato do grau de fragilidade ambiental de onde comumente é realizada a atividade.

Após o georreferenciamento os dados foram integralizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), pelo software QGIS na versão 3.34.10, que são sistemas computacionais que possibilitam a manipulação de informações georreferenciados, constituindo assim uma tecnologia potente para estudos ambientais (Rosa e Ross, 1999; Fierz, 2008), os quais são amplamente empregados em estudos sobre fragilidade ambiental, cita-se os

trabalhos de França (2025), Spörl (2001), Rosa e Ross (1999) e Silveira e Oka-Friosi (2007).

Por fim, almejando os objetivos do estudo, foi realizada a confecção dos mapas que evidenciam a fragilidade do TQC utilizando os pressupostos definidos por Ross (1994, 2012). Considerando que o recorte espacial apresenta diferentes formas de apropriação e alteração antrópica, optou-se pela análise da fragilidade emergente, incorporando o uso e cobertura da terra como componente da síntese. Dessa forma, o modelo busca representar a condição atual da paisagem, resultante da interação entre os atributos físico-naturais e as formas de uso e ocupação do território, haja vista o interesse em avaliar as condições de fragilidade dos ambientes no qual os quilombolas estão inseridos e intervém diretamente, além de ter-se o entendimento de que não há mais ambientes intocados dentro do TQC, ou seja, todos já sofreram direta ou indiretamente ações antrópicas, logo a definição da fragilidade potencial não se aplica para a área em análise.

Processamento dos dados

Os dados e informações utilizadas advêm de fontes oficiais, de artigos, trabalhos de conclusão de cursos, dissertações e teses. No quadro 2 elenca-se as informações geoespaciais utilizadas, assim como a fonte de aquisição e a escala em que os dados foram coletados. Ressalta-se que as diferentes fontes de dados possuem diferentes escalas de mapeamento, portanto, aplicou-se o método de reamostragem para driblar esse empecilho, reconhecendo que ele generaliza as informações.

Quadro 2: Banco de dados geográficos

Informações geocartográficos	Tipo de representação	Escala cartográfica	Resolução espacial	Fonte
Delimitações territoriais	Vetor	1:250.000	–	IBGE (2022)
Hidrografia	Vetor	1:50.000	–	IPECE (2022)
Estradas pavimentadas	Vetor	1:50.000	–	IPECE (2022)
Pedológico do Ceará	Vetor	1:100.000	–	FUNCEME (2025)
Geomorfologia do Ceará	Vetor	1:250.000	–	BDiA (2023)
Geologia do Ceará	Vetor	1:250.000	–	BDiA (2023)
Carta altimétrica (04S39)	Matricial	–	30 m	TOPDATA (2011)
Uso e cobertura	Matricial	–	10 m	MapBiomas (2023)
Clima (Precipitação)	Matricial	–	~4,6 km	TerraClimate (2020)

Fonte: elaborado pelos autores.

Todos esses dados foram processados em ambiente SIG no QGIS, onde primordialmente foi realizada a delimitação da sub-bacia que foi utilizada para a análise integrada da fragilidade, usando o método de delimitação de bacias hidrográficas por Modelo Digital de Elevação (MDE), método bastante difundido para estudos ambientais conforme descrito na obra de Ramme e Krüger (2007).

O MDE foi coletado no site TOPODATA, o qual é uma plataforma disponibilizada pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), onde são disponibilizadas cartas altimétricas de resolução espacial de 30 m, a carta utilizada foi a 04S39. Para a delimitação foi aplicada a função *r.watershed* do plugin *GRASS.GIS.PROVIDER*, o qual reconhece os fluxos de drenagens e divisões de águas para assim identificar bacias hidrográficas.

Ressalta-se que esse procedimento gera várias sub-bacias, deixando o usuário livre para escolher as que melhor representam sua área de estudo, sendo assim, o presente trabalho irá considerar a extensão espacial da sub-bacia, todo o campo de dunas e a porção leste do litoral de Fortim, considerando os trabalhos de Santos, Silva e Rozendo (2018) e Cavassin (2023).

Para os dados de pluviometria utilizou-se a plataforma TerraClimate, esta utiliza a integração de múltiplas fontes, como observações de estações meteorológicas, modelos e reanálises atmosféricas, para produzir séries temporais e espaciais robustas (Abatzoglou et al., 2018). Conforme defendem Abatzoglou *et al* (2018), esse processo utiliza a técnica de Interpolação Assistida Climatologicamente (CAI). Esse método permite combinar a alta resolução espacial de superfícies climatológicas com a variabilidade temporal de dados com menor resolução. O conjunto de dados fundamenta-se, primordialmente, nas bases WorldClim, CRU TS e na reanálise JRA-55.

A atribuição dos pesos das variáveis seguiu-se principalmente adaptando a metodologia proposta por Ross (1994, 2012), baseando-se também em outros trabalhos que analisaram a fragilidade ou indicaram algum nível de suscetibilidade à degradação das classes dos aspectos físicos presentes na sub-bacia de estudo, pois é essencial adequar a metodologia às novas fontes de dados e tecnologias disponíveis. Segue abaixo, no quadro 3, a atribuição dos pesos por classes dos aspectos das variáveis:

Quadro 3: Síntese da atribuição dos pesos às classes das variáveis.

Variáveis de análise	Classes	Pesos da fragilidade ambiental
Geomorfologia - Geologia	Tabuleiro Pré-litorâneo	2 - Baixa
	Dunas, planície flúvio-marinha e praia estirâncio	5 - Muito alta
Declividade (dissecação do relevo)	0 a 3%	1 - Muito baixa
	3 a 8%	2 - Baixa
	8 a 20%	3 - Moderada
	20 a 45%	4 - Alta
	> 45%	5 - Muito alta
Solos	Argissolos Eutróficos	3 - Moderada
	Povoados	4 - Alta
	Cidade, Gleissolos Sálicos, Neossolos Quartzarênicos, Tipos de Terreno 2 (Dunas) e 5 (Ambiente modificado para exploração).	5 - Muito Alta
Pluviometria	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses e alta concentração de chuvas no verão, entre novembro e abril, quando ocorrem 70 a 80% do total de chuvas.	4 - Alta
Uso e Cobertura da Terra	Formação Florestal	1 - Muito baixa
	Formação Savânica e Mangue	2 - Baixa
	Formação natural não florestal (campestre)	3 - Moderada
	Apicúm e Agropecuária	4 - Alta
	Áreas não vegetadas, áreas urbanizadas, aquicultura e dunas	5 - Muito alta

Fonte: elaborado pelos autores adaptado de Ross (1994, 2012), Geomorfologia-Geologia por Sales e Nascimento (2020); Declividade por Embrapa (1979); Solos por França (2025) e Valle, Francelino e Pinheiro (2016); Pluviometria por Massa e Ross (2012) apud Spörl (2001).

Ressalva que a atribuição dos pesos da geomorfologia-geologia de 5 para dunas é devido serem depósitos inconsolidados e elevada dinâmica morfogenética e o peso 2 para tabuleiro deriva da maior estabilidade relativa, e que para declividade articulou-se menor ou maior potencial de concentração do escoamento e processos erosivos. Para os solos, o neossolo quartzarênico, apresenta elevada suscetibilidade associada às características texturais e baixa coesão, e que paralelamente aos usos e cobertura, as áreas urbanizadas (cidades) perpassam pela elevada alteração da cobertura/proteção natural. Ressalta-se que para as dunas a geomorfologia representa a fragilidade intrínseca do sistema, enquanto o uso/cobertura representa a condição de proteção/alteração superficial.

Após a identificação das classes das variáveis, as que eram vetores foram transformadas em rásteres dentro do QGis, usando o peso como a informação do pixel, sendo que para fins de compatibilização espacial e operacionalização da álgebra de mapas, os dados foram reamostrados para uma grade comum de 10 m. Ressalta-se, contudo, que a adoção dessa grade não implica aumento da resolução espacial original dos dados, especialmente daqueles provenientes do TerraClimate e do TOPODATA, devendo a interpretação dos resultados considerar as escalas de origem das bases utilizadas. Em seguida, recortados pela delimitação continental da sub-bacia obtida pelo MDE, procedidos, foram operacionalizados na calculadora raster, funcionalidade nativa do software, seguindo a fórmula abaixo, sendo o FA a Fragilidade Ambiental, o G o raster da Geomorfologia-Geologia, o D a declividade, o S os solos, o P a pluviometria, o U o uso e cobertura da terra e o p os pesos, que são relativos a cada classe de cada variável.

$$FA = G(p) + D(p) + S(p) + P(p) + U(p)$$

Adotou-se, para fins de síntese, contribuição equivalente entre as cinco variáveis, mantendo-se a escala ordinal de 1 a 5 atribuída às respectivas classes de fragilidade. Assim, não foram aplicados pesos diferenciais entre variáveis, mas apenas entre as classes internas de cada variável. Ressalta-se que, segundo Ross (1994, 2012), deve-se realizar uma combinação de números arábicos das variáveis (de 1 menos frágil a 5 muito frágil). Entretanto, na perspectiva de SIG, é realizada a soma de todos os valores dos pesos de cada variável, apresentando, assim, o mínimo de 5 (combinação de 11111 dos números) ao máximo de 25 (combinação de 55555 dos números). Portanto, o raster resultante foi reclassificado seguindo a estrutura apresentada no quadro 4.

Quadro 4: Classes de fragilidade da declividade.

FRAGILIDADE	INTERVALO DOS VALORES DA SOMA
Muito baixa	5, 6, 7 e 8
Baixa	9, 10, 11 e 12
Moderada	13, 14, 15 e 16
Alta	17, 18, 19 e 20
Muito alta	21, 22, 23, 24 e 25

Fonte: Adaptado de Ross (1994 e 2012) pelos Autores.

Após a atribuição dos pesos e a reclassificação do raster, encaminhou-se a elaboração do mapa final da fragilidade ambiental da paisagem da sub-bacia que engloba o Território Quilombo do Cumbe, destacando as áreas que apresentam maior e menor suscetibilidade e correlacionando com os tipos de uso que são

realizados atualmente. Cabe destacar que os usos perpassam a relação histórica do TQC com o território, mas além disso considera-se as pressões externas que estão sendo materializadas pelos grandes empreendimentos.

Resultados e Discussão

A exposição dos resultados estrutura-se nas seções subsequentes, iniciando pela caracterização e análise individualizada das variáveis biofísicas e antrópicas delineadas na metodologia, a saber, geomorfologia-geologia, declividade, solos, pluviometria e uso e cobertura da terra. Tais variáveis foram analisadas por meio de produtos cartográficos, que demonstram sua espacialização ao longo da sub-bacia.

Na sequência, apresenta-se a síntese da fragilidade ambiental, classificando a paisagem em zonas com níveis de fragilidade muito baixa, baixa, moderada, alta ou muito alta. Após a categorização da paisagem, buscou-se correlacionar os dados com as interações socioterritoriais vigentes no TQC. Em suma, examina-se como essa fragilidade se manifesta e se distribui espacialmente no recorte da sub-bacia hidrográfica, correlacionando os índices gerados às dinâmicas de uso e ocupação identificadas.

Caracterização e análise das variáveis da fragilidade ambiental

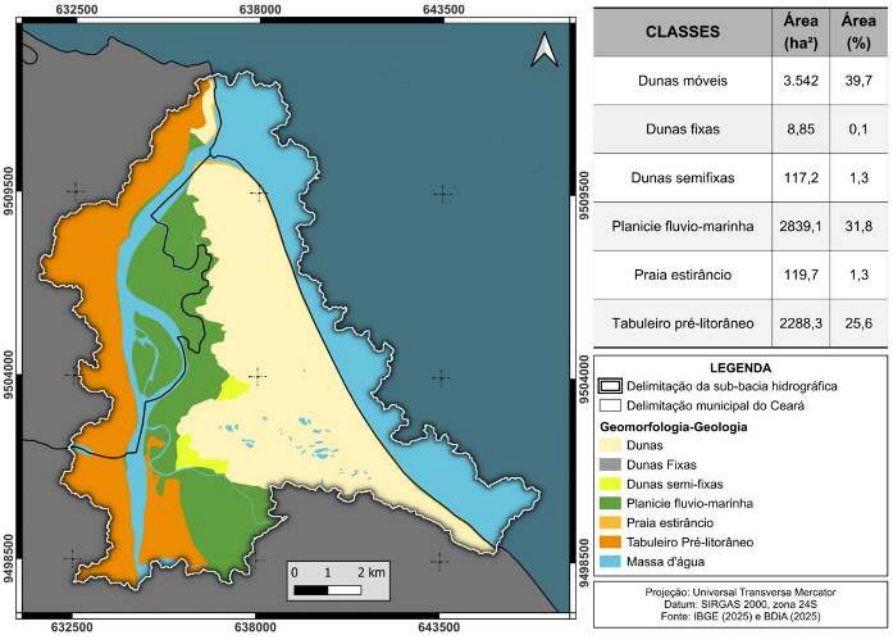
A partir da sistematização dos produtos cartográficos, depreende-se um cenário geoambiental representativo de sistemas litorâneos, assim, elenca-se a seguir as principais características ambientais presentes na área em estudo. É importante salientar que tais reflexões são essenciais para o entendimento posterior dos níveis de fragilidade encontrados para a sub-bacia.

No que tange aos aspectos geomorfológico-geológicos (Figura 2) a análise fundamentou-se nas unidades de relevo visando transcender a mera avaliação da resistência litológica. Assim, observa-se o predomínio das características deposicionais visto que a porção litorânea do estado do Ceará se encontra localizada em áreas de deposição recentes datadas do cenozóico, o que resulta em relevos predominantemente planos e ondulados nas áreas de dunas.

Sob essa perspectiva, observa-se que os sistemas dunares (dunas móveis, semifixas e fixas) predominam na paisagem da área de estudo, apresentando uma cobertura espacial de 41% da superfície da sub-bacia, enquanto as planícies flúvio-marinhas ocupam 31,85% da extensão da área estudada, sendo essa de ocupação predominante no TQC. Destaca-se ainda o tabuleiro pré-litorâneo a oeste com 25,67% de extensão.

Em suma, essas unidades são representativas de processos de sedimentação recentes, caracterizando-se por uma dinâmica deposicional que define a susceptibilidade do substrato frente aos agentes erosivos e às intervenções antrópicas. Além disso, convém salientar que dependendo dos usos que são realizados nessas áreas, toda a dinâmica desses sistemas é alterada, impactando diretamente na qualidade ambiental.

Figura 2: Mapa da geomorfologia-geologia da sub-bacia de estudo

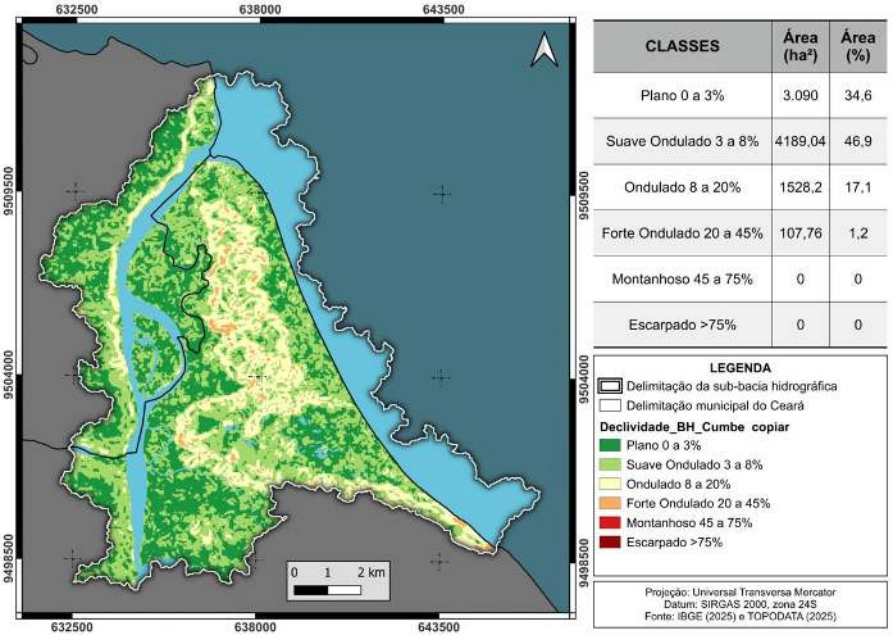


Fonte: elaborado pelas autoras.

A análise da declividade (Figura 3) revela o predomínio das classes de relevo variando entre plano (34,6%) e suave ondulado (46,9%), sendo que os maiores gradientes de declividade se concentram no campo de dunas.

Contudo, mesmo nesses setores de maior declive, as inclinações não excedem a classe de relevo forte ondulado (1,21%), mantendo-se dentro dos limites característicos das formações sedimentares eólicas da região. A classe de relevo ondulado apresenta uma área ocupada de 17,14%, estando localizado basicamente na faixa de dunas. Em relação ao TQC, a ocupação ocorre predominantemente nos relevos com declividade plana e suave ondulada, o que corrobora a discussão apresentada anteriormente, onde predomínio de ocupação ocorre na planície flúvio-marinha.

Figura 3: Mapa da declividade da sub-bacia de estudo

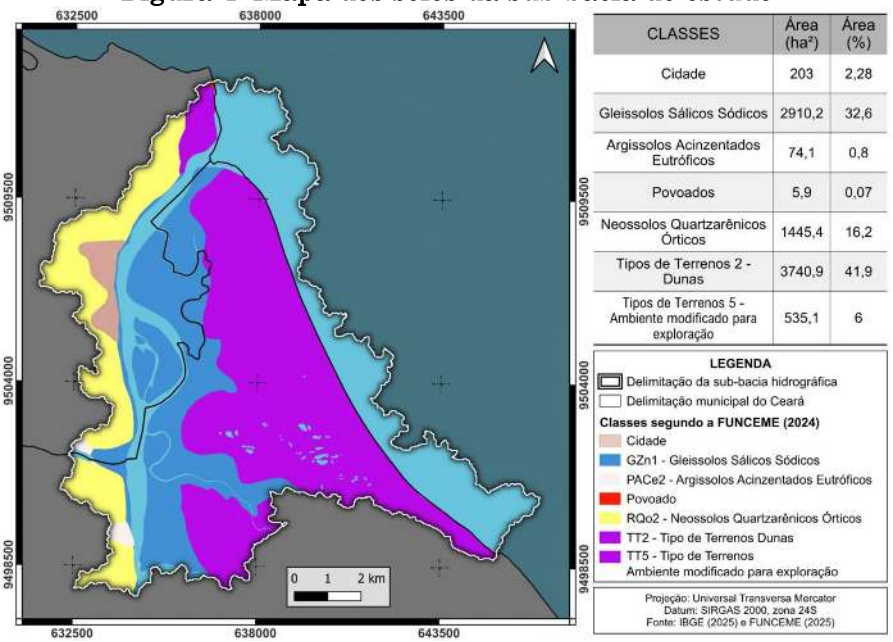


Fonte: elaborado pelas autoras.

Os solos da área (Figura 4) possuem uma forte presença de Gleissolos Sálicos (32,64%), o que evidencia uma acentuada influência hidromórfica, fator que eleva substancialmente a fragilidade ambiental nas zonas adjacentes à rede de drenagem. Tal condição estende-se ao longo do Rio Jaguaribe e de seus respectivos tributários.

Adicionalmente, a caracterização do compartimento geomorfológico de campo de dunas, composto por Neossolos Quartzarênicos (16,21%) e vinculado às coberturas cenozoicas a oeste, ratifica a inserção integral do TQC nos domínios da Província Costeira. Essa configuração pedogeológica e geomorfológica demonstra que o território é sustentado por substratos friáveis e de alta dinâmica, o que demanda estratégias de manejo rigorosas frente aos processos erosivos e deposicionais. Ressalta-se a extensão do Tipo de Terreno 2 (dunas) com 41,96% de cobertura.

Figura 4: Mapa dos solos da sub-bacia de estudo

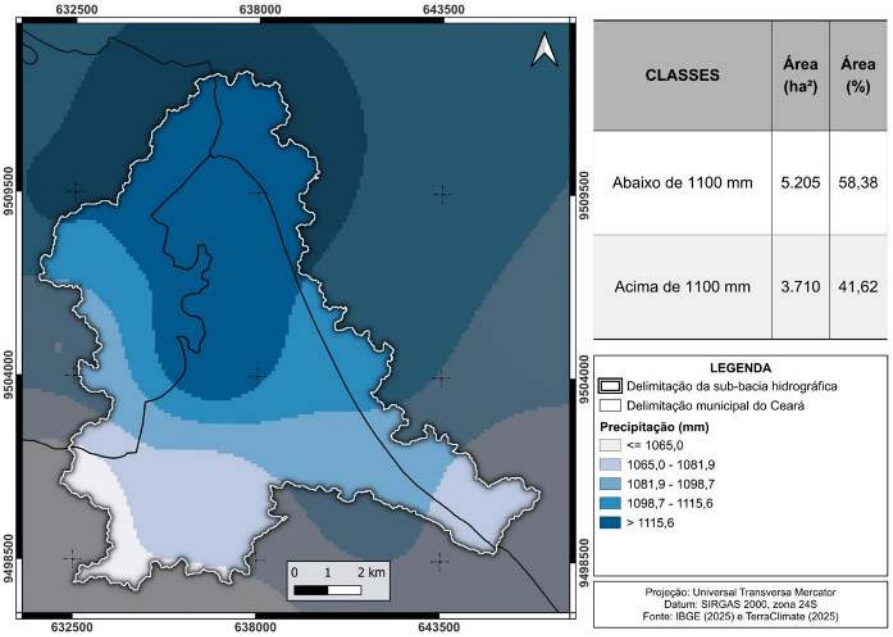


CLASSES	Área (ha²)	Área (%)
Cidade	203	2,28
Gleissolos Sálicos Sódicos	2910,2	32,6
Argissolos Acinzentados Eutróficos	74,1	0,8
Povoados	5,9	0,07
Neossolos Quartzarênicos Órticos	1445,4	16,2
Tipos de Terrenos 2 - Dunas	3740,9	41,9
Tipos de Terrenos 5 - Ambiente modificado para exploração	535,1	6

Fonte: elaborado pelas autoras.

No que tange à pluviosidade, o regime pluviométrico apresenta-se em consonância com as características das faixas litorâneas inseridas no semiárido. Esse comportamento é definido por uma acentuada sazonalidade intra-anual, com aportes hídricos concentrados majoritariamente no primeiro semestre, apresentando médias anuais que oscilam entre 1100 e 1350 mm, conforme o preconizado por Zanella (2005). A espacialização desses dados, por um produto cartográfico (Figura 5) revela uma reduzida variabilidade espacial das médias, embora se observe um decréscimo sutil na pluviometria em direção ao setor sul da sub-bacia.

Figura 5: Mapa da média pluviométrica da sub-bacia de estudo



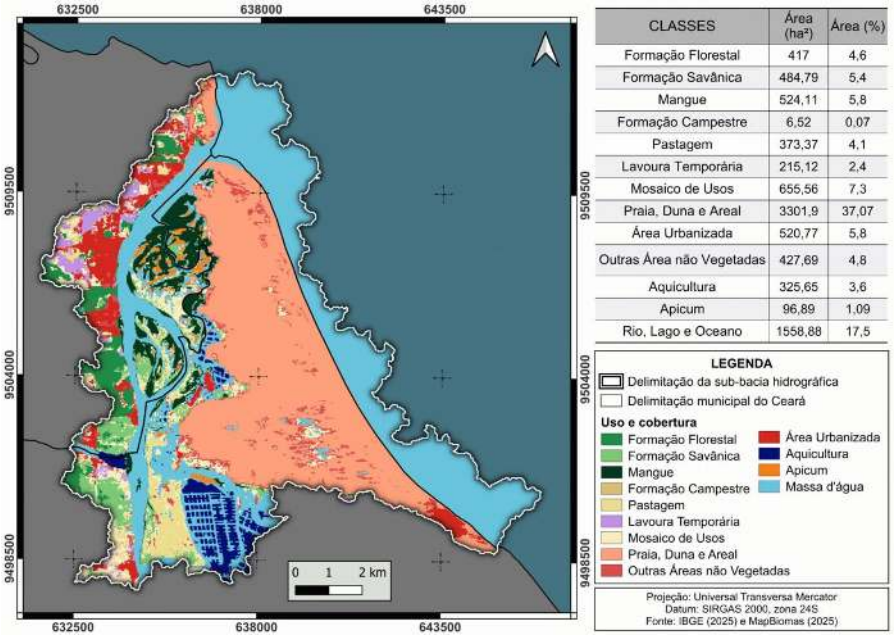
Fonte: elaborado pelas autoras.

O uso e cobertura da terra apresentam expressiva diversidade (Figura 6), a vegetação marginal ao leito do Rio Jaguaribe transita entre formações florestais, savânicas e manguezais, evidenciando um gradiente fitofisionômico complexo. Em contrapartida, observa-se uma intensa antropização caracterizada pela expansão urbana a noroeste e, notadamente, pela carcinicultura, que se prolonga por toda a margem leste do rio, com maior densidade no setor sudeste.

As coberturas naturais, compostas pelas classes de Formação Florestal, Savânica, Campestre e Mangue, totalizam aproximadamente 16% da área, concentrando-se majoritariamente no setor ocidental. Já as classes de uso antrópico (Pastagem, Lavoura Temporária, Mosaico de Usos, Área Urbanizada e Aquicultura) abrangem 23,4% do território. Por fim, as áreas correspondentes a Praia, Duna e Areal detêm a maior representatividade espacial, com 37%, as quais, somadas aos cerca de 5% de Outras Áreas Não

Vegetadas, definem a predominância de substratos arenosos e expostos na sub-bacia.

Figura 6: Mapa de uso e cobertura da terra da sub-bacia de estudo



CLASSES	Área (ha²)	Área (%)
Formação Florestal	417	4,6
Formação Savânica	484,79	5,4
Mangue	524,11	5,8
Formação Campestre	6,52	0,07
Pastagem	373,37	4,1
Lavoura Temporária	215,12	2,4
Mosaico de Usos	655,56	7,3
Praia, Duna e Areal	3301,9	37,07
Área Urbanizada	520,77	5,8
Outras Área não Vegetadas	427,69	4,8
Aquicultura	325,65	3,6
Apicum	96,89	1,09
Rio, Lago e Oceano	1558,88	17,5

Fonte: elaborado pelas autoras.

Uma parcela expressiva do território é constituída por depósitos eólicos litorâneos e sistemas dunares, cuja dinâmica superficial e configuração topográfica exibem acentuada variabilidade espacial. No que concerne à cartografia, a sub-bacia caracteriza-se por gradientes de declividade reduzidos: 34,6% da área é classificada como relevo plano e aproximadamente 47% como suave ondulado. As inclinações mais pronunciadas restringem-se aos campos de dunas e às margens dos corpos hídricos.

Adicionalmente, observa-se que a maior diversidade de usos e ocupações se concentra em setores de topografia plana a suavemente ondulados. Em contrapartida, as unidades de dunas apresentam baixa diversidade de exploração, reflexo direto de suas limitações pedológicas e geológicas. Por serem compostas por

sedimentos inconsolidados e desagregados, tais áreas oferecem baixa estabilidade mecânica e pouca aptidão agrícola, fatores que condicionam as dinâmicas de ocupação no território.

Fragilidade ambiental da sub-bacia do Território Quilombo do Cumbe e a correlação com os usos estabelecidos na paisagem

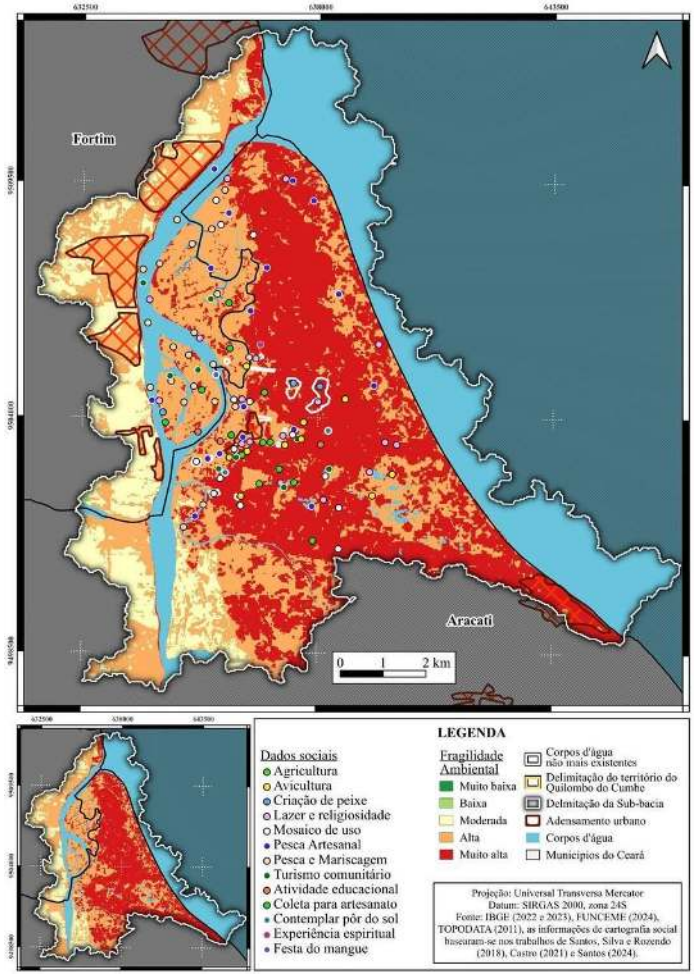
Em consonância com os objetivos desta investigação, o mapa de fragilidade ambiental (Figura 7), resultante do processamento da álgebra de mapas e da síntese da fragilidade natural das variáveis, foi sobreposto com as informações da cartografia social obtida por meio dos trabalhos de Castro (2021), Santos (2024) e Castro e Santos (2025), onde verifica-se os usos do território. Ressalta-se que a sistematização dos dados adotou um nível de generalização estratégica, visto que o propósito central consistiu em identificar as atividades exercidas e a fragilidade ambiental associada a elas.

Tal abordagem configura uma perspectiva inovadora para o modelo de fragilidade, pois permite a interpretação da transversalidade entre a fragilidade intrínseca dos sistemas naturais e as dinâmicas socioambientais, subsidiando uma visão integrada e multivariada da paisagem.

A configuração da fragilidade ambiental na sub-bacia revela um cenário crítico e de alta instabilidade, dada a ausência quase total de áreas classificadas como de "Fragilidade Muito Baixa". Observa-se que essa classe de fragilidade apresenta apenas uma parcela ínfima de 0,04% de cobertura espacial, estando situadas no setor oeste da sub-bacia e em porções externas às áreas de uso direto da comunidade do TQC. Tal dado revela o intenso dinamismo biofísico e antrópico da área em estudo.

Em contrapartida, nota-se que os índices de fragilidade acentuada predominam no território, onde 12% da extensão territorial foi categorizada como moderada, enquanto as classes de Fragilidade Alta (41,4%) e Muito Alta (46,3%) dominam quase a totalidade da sub-bacia. Tal constatação merece atenção frente o uso atual da paisagem pelo TQC e os avanços contínuos na implementação de grandes empreendimentos que estão relacionados à ocupação de áreas com altos níveis de fragilidade ambiental e que, cumulativamente, geram impactos ambientais e sociais severos.

Figura 7: Mapa da fragilidade ambiental da sub-bacia de estudo



Fonte: elaborado pelas autoras.

A relação espacial das atividades exercidas pela comunidade e a fragilidade ambiental (Quadro 5) revela que os 111 pontos de atividades reconhecido pelas comunidades por meio das cartografias sociais estão 50,5% (56 pontos) das atividades estão sobre fragilidade ambiental alta e 49,5% (55 registros) sobre fragilidade ambiental muito alta. A atividade "pesca e mariscagem" apresenta expressivos 76,2% sobre alta fragilidade, indicando que essas atividades estão espacialmente relacionadas a ambientes que já apresentam elevada sensibilidade ambiental. Já as atividades que mais ocupam áreas de fragilidade muito alta são os registros de "avicultura" com 80% e a "criação de peixe" com dois terços (66,7%) em localidades muito sensíveis e "agricultura" com 62,5%.

Quadro 5: Classes de fragilidade associada às atividades do TQC.

Tipo de atividade	Fragilidade Muito Baixa		Fragilidade Baixa		Fragilidade Moderada		Fragilidade Alta		Fragilidade Muito Alta		Total de atividade por tipo
	Quant. Atv.	%	Quant. Atv.	%	Quant. Atv.	%	Quant. Atv.	%	Quant. Atv.	%	
Pesca e Mariscagem	0	-%	0	-%	0	-%	16	76,2%	5	23,8%	21
Pesca Artesanal	0	-%	0	-%	0	-%	10	58,8%	7	41,2%	17
Lazer e religiosidade	0	-%	0	-%	0	-%	8	47,1%	9	52,9%	17
Mosaico de uso	0	-%	0	-%	0	-%	8	57,1%	6	42,9%	14
Avicultura	0	-%	0	-%	0	-%	2	20,0%	8	80,0%	10
Turismo comunitário	0	-%	0	-%	0	-%	5	55,6%	4	44,4%	9
Agricultura	0	-%	0	-%	0	-%	3	37,5%	5	62,5%	8

Coleta para artesanato	0	-%	0	-%	0	-%	3	60,0%	2	40,0%	5
Atividade educacional	0	-%	0	-%	0	-%	0	0,0%	3	100,0%	3
Criação de peixe	0	-%	0	-%	0	-%	1	33,3%	2	66,7%	3
Contemplar pôr do sol	0	-%	0	-%	0	-%	0	-%	2	-%	2
Experiência espiritual	0	-%	0	-%	0	-%	0	-%	1	-%	1
Festa do mangue	0	-%	0	-%	0	-%	0	-%	1	-%	1
Total de atividade geral											111

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Ressalta-se, entretanto, que a sobreposição espacial entre as atividades e as classes de fragilidade não permite estabelecer, isoladamente, uma relação causal entre os usos identificados e a produção da fragilidade, devendo ser compreendida como uma situação de coexistência espacial que demanda análise das características, intensidade e formas de manejo de cada atividade, o que ajuda a compreender as relações entre pressão e vulnerabilidade socioambiental.

No caso do Território Quilombo do Cumbe, estes espaços correspondem também a ambientes fundamentais à reprodução material, cultural e territorial da comunidade, especialmente aqueles associados à pesca, à mariscagem e aos demais usos vinculados aos sistemas costeiros. Dessa forma, a sobreposição identificada evidencia não apenas a dependência das práticas tradicionais em relação aos ecossistemas ambientalmente sensíveis, mas também a existência de uma territorialidade construída

historicamente a partir do uso e da apropriação coletiva desses ambientes.

Sob a perspectiva da justiça ambiental, essa configuração assume dimensão política, uma vez que os riscos e impactos decorrentes das transformações territoriais não são distribuídos de maneira homogênea entre os diferentes sujeitos que atuam sobre a paisagem. Enquanto as comunidades quilombolas dependem diretamente dos ecossistemas costeiros para sua reprodução social e cultural, empreendimentos externos passam a disputar e transformar os mesmos espaços, produzindo restrições de acesso, alterações ambientais e conflitos sobre os usos legítimos do território.

Nesse sentido, a fragilidade ambiental identificada pela modelagem não representa apenas uma característica biofísica da paisagem, mas constitui uma condição que se articula às relações sociais de apropriação e poder que definem quem pode acessar, utilizar e transformar determinados ambientes.

A respeito dos impactos, observa-se que a maior alteração se deu na dinâmica espacial das atividades de pesca e de mariscagem no mar, em decorrência da presença do Complexo Eólico que passou a limitar e barrar o acesso dos quilombolas à área costeira (lado leste do território), prejudicando a dinâmica dos pescadores e das marisqueiras. Além de alterar toda a dinâmica eólica de deposição e migração das dunas móveis e semifixas presentes na área.

Além desse aspecto, a presença da carcinicultura nas zonas de alta fragilidade ambiental ao longo do Rio Jaguaribe, tem provocado o lançamento de dejetos químicos no leito do rio e, consequentemente, alterado o teor de salinidade da água, deixando-a salobra. Tal cenário impacta diretamente na biodiversidade local, provocando a morte de diversas espécies e, em cadeia, prejudicando

a teia alimentar e a disponibilidades desses recursos para consumo da comunidade tradicional.

Do ponto de vista da justiça ambiental, o problema não se restringe a ocorrência do impacto sobre o sistema físico, engloba assimetria na distribuição dos impactos socioambientais (Acselrad, 2004). À medida que determinados setores econômicos se apropriam dos recursos naturais e do território, a comunidade quilombola sofre efeitos mais severos da alteração dos ecossistemas fluviais, estuarinos e costeiros, cruciais na continuidade sociocultural e modo de vida local.

Esse cenário pode ser analisado a partir da prática tradicional o "Cumê no Mato" (Figura 8), atividade na qual os quilombolas organizam um ambiente de confraternização e confluência no mangue a beira do rio, na ocasião assam peixes, mariscos e crustáceos, reúnem parceiros de comunidades vizinhas e visitantes/turistas de outras localidades. Tal atividade foi amplamente impactada devido às problemáticas ambientais acerca da qualidade da água, resultante da atuação da indústria de carcinicultura.

Outra dinâmica que impacta diretamente o TQC e que contribui para a potencialização dos níveis de fragilidade emergente resulta na crescente atuação da especulação imobiliária, na qual empresas e pessoas do setor de veraneio adentram no território e constroem residências a serem alugadas para o turismo convencional.

Figura 8 - Prática do “Cumê no Mato”



Fonte: Associação Quilombola do Cumbe, 2021.

Um exemplo recente desse cenário foi a ameaça de construção de um “Resort” libanês, que traria impactos em larga escala para a dinâmica da população local e para os sistemas ambientais. E esse fato se destaca, principalmente, pois a associação de moradores, historicamente, já realiza a prática do “Turismo Comunitário”, na qual os quilombolas recebem e hospedam visitantes e pesquisadores de instituições de ensino. Assim, a implementação de infraestruturas hoteleiras impactaria diretamente na renda dos grupos que se utilizam da prática do turismo local.

É importante salientar que a prática turística desenvolvida pela comunidade tradicional tem uma base comunitária e sustentável, que busca promover a preservação e a conservação dos sistemas ambientais e dos recursos neles disponíveis, logo tal atividade não contribui com o avanço dos níveis negativos de fragilidade ambiental das áreas ocupadas por essas ações. Um cenário contrário se observa para a lógica empreendida pelo setor

hoteleiro convencional, que, grosso modo, impactam de forma massiva os ambientes onde se instalam.

Considerando os demais usos empreendidos pela comunidade do TQC, observa-se que essas ações não geram impactos exacerbados nos sistemas ambientais, visto que apresentam uma relação de subsistência que preza pelo respeito aos limites que a natureza impõe. Assim, observa-se que mesmo suas ações não potencializando de forma massiva a fragilidade ambiental, esse grupo por habitar as áreas que naturalmente são mais suscetíveis, são constantemente impactados pelos desdobramentos resultantes desses diferentes níveis de fragilidade.

Nesse cenário, observa-se para o setor ocidental do Rio Jaguaribe áreas que apresentam variados graus de fragilidade, oscilando entre o moderado e o alto, e coincidindo com as zonas de maior densidade de ocupação urbana, espaços que, embora habitados, possuem menor relevância direta para as atividades de subsistência tradicionais. Por outro lado, os ecossistemas vitais para o modo de vida quilombola, como o leito do rio e os manguezais, apresentam-se predominantemente em áreas de fragilidade alta, com núcleos de fragilidade muito alta. O compartimento do campo de dunas foi classificado quase em sua totalidade como de Fragilidade Muito Alta, reflexo da instabilidade intrínseca desses depósitos eólicos frente às intervenções externas.

Considerações Finais

Ao empregar a metodologia de Ross (1994), o presente estudo evidenciou que os sistemas dunares e os manguezais constituem as unidades de maior fragilidade ambiental frente à degradação. Tal diagnóstico revela um cenário alarmante, dado que os remanescentes quilombolas do Cumbe mantêm uma relação intrínseca e

indissociável com esses ambientes. Enquanto o manguezal atua como o suporte material e simbólico de sua reprodução social e subsistência, as dunas configuram-se como o principal palco de conflitos territoriais e pressões externas. Por conseguinte, depreende-se que as suscetibilidades físicas desses ecossistemas repercutem, de forma direta e imediata, como impactos socioambientais, comprometendo o bem-estar coletivo e a sustentabilidade do modo de vida tradicional no território.

O uso do próprio território configura-se como principal prática de pertencimento e resistência, em todas as comunidades tradicionais e originárias, seja na produção de alimentos por meio da agroecologia, ou da caça e pesca em localidades próximas a bens (recursos) hídricos como rios, lagoas e o mar, a exemplo das situadas em Zona Costeira, como é o caso do Quilombo do Cumbe. A pesca artesanal pode representar uma atividade tradicional diretamente dependente dos ecossistemas, portanto sua presença em áreas frágeis não deve ser automaticamente interpretada como pressão ambiental. A presença de agricultura em áreas de fragilidade muito alta merece atenção porque práticas agrícolas inadequadas podem potencializar processos erosivos, compactação, perda de solo etc.

Essa interpretação aproxima os resultados da perspectiva da Ecologia Política, ao compreender que as transformações ambientais não podem ser dissociadas das relações de poder que orientam a apropriação da natureza e a organização do território. No Cumbe, a sobreposição entre ambientes de elevada fragilidade, usos tradicionais e áreas submetidas a pressões externas evidencia que os conflitos ambientais envolvem paralelamente a conservação dos ecossistemas, a disputa pelo controle territorial e a garantia das condições materiais de reprodução da comunidade quilombola.

Assim, a cartografia da fragilidade, articulada à cartografia social, permite ultrapassar uma leitura exclusivamente físico-natural do risco e evidenciar como diferentes sujeitos produzem, disputam e significam a paisagem. A originalidade desta abordagem reside na hibridização entre o rigor técnico da análise de fragilidade ambiental e a profundidade qualitativa dos dados sociais dos levantamentos com metodologias participativas. Ao integrar os modos de vida tradicionais como variáveis centrais, o trabalho transcende a visão puramente biofísica do território, reconhecendo que a manutenção da integridade ecológica do Cumbe é indissociável da proteção de sua identidade cultural.

Essa perspectiva inovadora demonstra que as comunidades quilombolas não são apenas usuárias, mas guardiãs de sistemas de alta complexidade ambiental, onde o saber ancestral atua como um mecanismo de regulação e resiliência frente às pressões externas. Assim, a união entre os índices de Ross e a cartografia social estabelece uma abordagem integrada entre modelagem espacial da fragilidade ambiental e informações socioterritoriais, uma nova práxis metodológica, fundamental para a gestão territorial em áreas onde a justiça ambiental e a conservação da biodiversidade caminham necessariamente juntas.

Sob essa ótica, emergem evidências contundentes de injustiça ambiental e assimetrias de poder na ocupação do espaço. Observa-se que a comunidade quilombola foi, historicamente, compelida a um confinamento territorial em áreas de acentuada fragilidade natural, enquanto os setores de maior estabilidade biofísica foram apropriados por populações não tradicionais.

Esse quadro de segregação espacial é agravado por dinâmicas contemporâneas de expropriação, exemplificadas pela instalação de

complexos eólicos que, ao ocuparem os campos de dunas, não apenas degradam um ecossistema de fragilidade muito alta, mas também cerceia o direito de ir e vir e os usos tradicionais do território. Tal cenário ratifica a existência de um processo de invisibilização desses sujeitos frente aos grandes projetos do capital, onde o risco ambiental é transferido desproporcionalmente aos grupos historicamente vulnerabilizados.

Em síntese, ratifica-se a urgência de uma gestão territorial integrada e participativa. Nesse contexto, o emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e geotecnologias, quando articulado a ferramentas de diagnósticos participativos, transcende a técnica e assume um papel estratégico: fornecer subsídios técnico-científicos que visibilizem as demandas das comunidades tradicionais.

Tais instrumentos são fundamentais para orientar políticas públicas de preservação que sejam, simultaneamente, ambientalmente rigorosas e socialmente justas, garantindo a salvaguarda de ecossistemas vitais e a manutenção dos direitos territoriais.

Agradecimentos

[...]

Referências

ABATZOGLOU, J. T. *et al*. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. Scientific Data, [S. l.], v. 5, 170191, 2018.

ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. In: ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. (org.). Justiça ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2004. p. 9–32.

ALBUQUERQUE, F. D. da S. Territórios dissidentes: a experiência de raça, gênero e sexualidade na comunidade quilombola do Cumbe

(Aracati/CE). 2022. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2022.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BERTALANFFY, L. V. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis (RJ): Editora Vozes, 1975

CASTRO, A. R. N. De. A Apropriação Capitalista da Natureza e os Conflitos pela Água no Território do Cumbe (Aracati/CE): Lutar e Resistir por um Bem Comum. 2021. 309 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional em 2021) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2021.

CASTRO, A. R. N. de; SANTOS, C. D. do. A importância dos territórios tradicionais no enfrentamento à crise ecológica: o caso da comunidade quilombola do Cumbe, Aracati/CE. Terra Livre, São Paulo, ano 40, v. 1, n. 64. jan./jun. 2025.

CAVASSIM, A. P. (2023). Delimitação automática de Bacia Hidrográfica: uma Revisão Bibliográfica Automatic delimitation of Watershed: a Literature Review.

CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos: INPE, 2004. 30 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83 p.

FRANÇA, R. de M. Modelagem da fragilidade ambiental da bacia de contribuição do Açude Gavião, Ceará, Brasil. 2025. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

FIERZ, M. S. M. As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico da análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. 2008. 394 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FUNCEME. Compartimentação geoambiental do Ceará. 2009. Disponível em: <http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php>. Acesso em: 23 jan. 2026.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado do Ceará. Fortaleza: FUNCEME, 2025. E-book. Disponível em: <http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2025/10/EBOOK_LEVANTAMENTO-DE-MEDIA-INTENSIDADE-DOS-SOLOS-DO-CEARA.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Banco de Informações Ambientais. BDiA, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geologia/23382-banco-de-informacoes-ambientais.html>. Acesso em: 11 fev. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos: INPE, 2011-. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 20 jan. 2026.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Dados geoespaciais (shapefiles) disponíveis no portal Ceará em Mapas Interativos – serviço OGC (WFS/WMS). Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em: <https://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php>. Acesso em: 12 jan. 2026.

LIMA, J. A. G. Conflitos e danos socioambientais na produção de energia eólica na comunidade do cumbe, Aracatí, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE, v. 13, n. 25, 2024.

MELO, A. T.; SORIANO-SIERRA, E. J.; VEADO, R. W. A. Biogeografia dos manguezais. Biologia Vegetal, Rio Claro, v. 36, p. 311-334, maio/ago. 2011.

NASCIMENTO, F. R. do; CARVALHO, O. de L. Bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica. Revista Fluminense de Geografia, v. 1, n. 2, 2021.

NASCIMENTO, F. R.; SALES, L. B. Geomorfologia e fragilidade ambiental na classificação de paisagens em bacias hidrográficas. Revista Equador, v. 9, n. 1, p. 246–265, 2020.

NASCIMENTO, J. L. J. do; OLIVEIRA, A. A. N.; JESUS, L. B. S. de. Quilombo do Cumbe: autodeterminação, bem viver e biointeração. Opará: Etnicidades, Movimentos Sociais e Educação, v. 11, n. 17, e172315, 2023.

RABELO, F. D. B. Geotecnologias como subsídio ao planejamento ambiental integrado do município de Barroquinha, Ceará – Brasil. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

RAMME, E. J.; KRÜGER, C. M. Delimitação de bacias hidrográficas com auxílio de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XVII., 2007. Anais... São Paulo, 2007.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. S. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. Revista do Departamento de Geografia, n. 13, 1999.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 63–74, 1994.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. Revista do Departamento de Geografia, p. 38–51, 2012.

SANTOS, A. A. dos; SILVA, A. S. S. da; ROZENDO, C. Libertar para desenvolver: os grandes empreendimentos e o "des-envolvimento" na comunidade tradicional do Cumbe, Ceará, Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 45, p. 22–41, 2018.

SANTOS, M. M. B. dos. Valoração econômico-ecológica dos serviços ecossistêmicos do manguezal na comunidade quilombola do Cumbe/Aracati - CE. 2025. 90 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2024.

SILVEIRA, C. T. da; OKA-FIORI, C. Análise empírica da fragilidade potencial e emergente da bacia do rio Cubatãozinho, estado do Paraná. Caminhos da Geografia, v. 8, n. 22, p. 1–17, 2007.

SPÖRL, C. Metodologia para a elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais. 2007. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPÖRL, C. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

THIERS, P. R. L.; MEIRELES, A. J. A.; SANTOS, J. de O. Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades. E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 126 p. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/19468.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. Floresta e Ambiente, v. 23, p. 295–308, 2016.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, Z. B. da; DANTAS, E. W.; CAVALCANTE, T. (Org.). Geografia do Ceará: um novo olhar geográfico. 1. ed. Fortaleza - CE: Ed. Demócrito Rocha, 2005. v. 01, p. 169-188.