Revista Tecnologia e Sociedade
ISSN: 1984-3526

https://periodicos.utfpr.edu.br/rts

Diagnóstico ambiental da região geográfica imediata de Cajazeiras-PB: aplicação de geotecnologias e indicadores ambientais

José Lindemberg Bernardo da Silva
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil
prof.me.bernardo.s@gmail.com

Franklin Roberto da Costa
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil
franklincosta@uern.br

RESUMO

Este estudo investiga as vulnerabilidades socioambientais da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB, analisando quatro eixos principais: (1) aspectos climáticos, (2) meio físico (geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação), (3) disponibilidade hídrica e (4) ocorrências de desastres naturais, além de fazer uma análise descritiva e técnica da área de estudo. Através do uso de geotecnologias e indicadores ambientais, o estudo mapeia as áreas de maior vulnerabilidade, integrando dados para a construção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA). Como resultado, o estudo mostrou que a região semiárida de Cajazeiras apresenta desafios como irregularidade das chuvas e deficiência hídrica, que interagem com fatores socioeconômicos e acentuam os riscos locais. Neste sentido, conclui-se que esta pesquisa oferece uma base para o desenvolvimento de políticas públicas externas à mitigação de riscos, considerando as particularidades do semiárido e promovendo a resiliência nas comunidades locais da região.

PALAVRAS-CHAVE: Diagnóstico Ambiental. Indicadores Ambientais. Geotecnologia.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é uma área marcada por desafios críticos, como a irregularidade das chuvas, o acesso limitado a recursos hídricos e elevados índices de vulnerabilidade socioeconômica. Esses fatores são agravados pela deficiência de políticas públicas e pela infraestrutura limitada, que afetam diretamente a qualidade de vida das comunidades locais.

A escolha de Cajazeiras como locus da pesquisa deve-se à sua localização geográfica e às condições ambientais típicas do semiárido, representando um cenário emblemático para o estudo dessas vulnerabilidades. A análise dos aspectos ambientais, como a geologia, a hidrografia e a vegetação, juntamente com a disponibilidade hídrica, são fundamentais para compreender as características da região. Utilizando geotecnologias para a análise de dados geoespaciais, a pesquisa busca oferecer uma visualização integrada dos fatores que afetam a vulnerabilidade local. Com esse estudo, fornecemos subsídios detalhados para políticas públicas regionais que visam a mitigação dos riscos socioambientais enfrentados pela população de Cajazeiras e áreas semelhantes no semiárido brasileiro.

Nos últimos anos, o uso de geotecnologias na avaliação das vulnerabilidades regionais ganhou destaque na literatura científica. A integração de dados socioeconômicos e ambientais por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permite mapear aspectos como distribuição populacional, acesso a serviços públicos, condições de moradia e cobertura vegetal, facilitando o entendimento das complexas inter-relações entre o meio ambiente e as condições socioeconômicas da população.

Conforme Tavares e Silva (2008), essa abordagem é essencial para regiões semiáridas, onde a confluência de fatores como desertificação, deficiência hídrica e falta de infraestrutura básica aumenta a vulnerabilidade de comunidades que já enfrentam altos índices de desigualdade.

O conceito de vulnerabilidade socioambiental reflete as interações dinâmicas entre fatores sociais e ambientais que podem expor uma população a situações de risco (Cuttler et al,.2003). Para os autores, essa propõe uma visão abrangente da vulnerabilidade, incorporando dimensões sociais, econômicas e ambientais para compreender o impacto dessas interações nas comunidades.

Na região de Cajazeiras, a vulnerabilidade pode ser ampliada por características socioeconômicas, combinadas com fatores ambientais, como variabilidade climática, suscetibilidade à desertificação e escassez de recursos hídricos. Esses aspectos são críticos para compreender a situação de vulnerabilidade da região e fundamentar a análise proposta por esta pesquisa.

Assim, o uso de geotecnologias é justificado pela necessidade de uma análise multidimensional e precisa de indicadores sociais e ambientais, permitindo ampliar essa ótica de estudo em diferentes escalas. Segundo a metodologia do IPEA, a criação de um índice de vulnerabilidade, como o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), requer uma integração de dados variados. O uso de ferramentas como o SIG QGIS possibilita uma representação espacial clara e intuitiva dos

resultados. Essa técnica é de fundamental importância, pois, ao permitir a visualização e a compreensão das vulnerabilidades, facilita a tomada de decisões e a implementação de políticas públicas mais adequadas às necessidades da região.

Considerando a falta de dados organizados em bases integradas e a escassez de análises de vulnerabilidade específica para o semiárido nordestino, agrava-se a compreensão e gerenciamento dos desafios enfrentados pelas populações locais. A questão central desta pesquisa, portanto, foi investigar se a aplicação de geotecnologias na construção de um índice de vulnerabilidade pode realmente fornecer informações úteis para o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar, por meio do IVA, as vulnerabilidades ambientais da Região Imediata de Cajazeiras-PB, fornecidas uma ferramenta estratégica para a tomada de decisões e no enfrentamento dos desafios socioambientais locais.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi estruturada para avaliar a vulnerabilidade ambiental da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB, com foco em 04 (quatro) aspectos fundamentais: (1) aspectos climáticos, (2) meio físico (geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação), (3) disponibilidade hídrica e (4) ocorrências de desastres naturais. Esses componentes foram analisados por meio de geotecnologias, integrando indicadores ambientais, com o objetivo de mapear as áreas de maior vulnerabilidade e fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas.

Para a coleta de dados, foi empregada uma abordagem diversificada. Os dados climáticos, como previsões e temperatura média, foram extraídos de fontes como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), que registram padrões climáticos e variações fundamentais para a compreensão das águas secas e inundações frequentes na região. O meio físico, incluindo a geologia, hidrografia e vegetação, foi analisado com base em dados fornecidos pelo Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA) do IBGE e pelo Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual (IDEME - PB). Esses dados permitiram detalhar a configuração geológica e a cobertura vegetal, ambos importante para avaliar a estabilidade do solo e a capacidade de retenção hídrica.

A análise da disponibilidade hídrica incluiu o mapeamento das principais bacias hidrográficas e reservatórios, como açudes, obtidos na AESA e do IBGE, para identificar as áreas com maior deficiência hídrica. Para os desastres naturais, utilizou-se o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) para avaliar a frequência e o tipo de eventos climáticos extremos, como enchentes e secos, que afetam diretamente as condições de vida locais.

Com os dados coletados, foi construído o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), onde cada indicador foi normalizado e recebeu um peso proporcional à sua influência sobre a vulnerabilidade ambiental.

A construção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) é realizada por meio da integração dos dados normalizados, variando de 0,0 a 1,0, em que valores mais elevados representam níveis mais altos de vulnerabilidade, o referido índice

é divido em quatro classes, sendo: baixo (0 a 0,4); médio (0,41 a 0,49); alto (0,5 a 0,6) e muito alto (0,61 a 1). O IVA sintetiza as informações em nível municipal e possibilita uma análise comparativa de cada município, identificando os fatores que são mais importantes para a vulnerabilidade local. Os dados climáticos, cobertura vegetal e uso do solo se destacam como os mais determinantes, influenciando a suscetibilidade a desastres naturais na região.

Os resultados da análise espacial do IVA são interpretados com base na identificação de áreas críticas. A correlação entre baixa cobertura vegetal, uso intensivo do solo para agropecuária e maior ocorrência de desastres naturais destacam-se em áreas onde as condições ambientais e socioeconômicas aumentam a vulnerabilidade.

Para o processamento e análise de dados, foi utilizado o SIG QGIS 3.0 para o georreferenciamento e visualização, sensoriamento remoto para avaliação da cobertura do solo e imagens de satélite que identificaram mudanças na paisagem ao longo dos anos. Por fim, técnicas de estatística descritiva e inferencial foram aplicadas para correlacionar os diferentes indicadores com a vulnerabilidade ambiental, possibilitando uma compreensão mais ampla dos fatores que afetam cada município.

Ponderando e simplificando cada indicador, atribuímos pesos equivalentes a cada um, permitindo que cada indicador contribuía de igual forma para o índice, segue o cálculo:

$$(wi) = 1/7 = 0{,}142857$$

Já para realização da padronização dos valores dos indicadores, utilizamos a seguinte fórmula aritmética:

$$X' = \frac{X - Xmin}{Xmax - Xmin}$$

Sendo o $Xmin$ e $Xmax$ os valores mínimos e máximos de cada indicador.

Para o cálculo do IVA de cada município, foi realizado a soma ponderada de cada indicador já com os valores padronizados, através da fórmula:

$$IVA = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot X_i'$$

Onde:

$n = 7$ (número de indicadores);

W_i é o peso do indicador i;

X_i' é o valor padronizado do indicador i.

Usando os dados do município de Bom Jesus, apresentamos o exemplo da realização do cálculo:

$$IVA = w \cdot (X1' + X2' + X3' + X4' + X5' + X6' + X7')$$

Fazendo a substituição dos valores:

$$IVA = 0{,}142857 \cdot (0{,}770 + 0 + 0 + 0 + 0{,}381 + 0{,}535 + 0{,}167)$$
$$IVA = 0{,}142857 \cdot 1{,}853$$
$$IVA \approx 0{,}265$$

Levando em consideração que a escala do IVA varia de 0 a 1, o município de Bom Jesus destaca-se na faixa de IVA Baixo, ou seja, não ultrapassa a média de 0,4.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ciências, Tecnologia e Sociedade e a leitura crítica do território: perspectiva epistemológica para a análise socioambiental

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) consolida-se como um campo teórico e epistemológico que rompe com a visão tradicional de ciência e tecnologia como práticas neutras, objetivas e universais. No contexto latino-americano, especialmente no Brasil, a perspectiva CTS propõe uma leitura crítica que integra os aspectos sociais, históricos, culturais e políticos na compreensão das práticas científicas e tecnológicas, enfatizando que tais práticas são mediadas por relações de poder, disputas de sentidos e estruturas sociais desiguais (MORTIMER; SANTOS, 2000).

Nesse horizonte crítico, torna-se essencial compreender que o saber técnico não se constrói em abstrato, mas em diálogo, ou, muitas vezes, em conflito, com realidades concretas. As escolhas sobre o que investigar, como medir e quais tecnologias utilizar são sempre atravessadas por valores, limitações institucionais e interesses diversos. Assim, ao trazer o CTS para o centro da discussão, reafirma-se a necessidade de uma ciência comprometida com a transformação social, sensível às experiências e vozes historicamente silenciadas.

Nesse sentido, compreender o território por meio da lente CTS implica reconhecer que os instrumentos técnicos, como as geotecnologias e os indicadores ambientais, não são apenas representações da realidade, mas também formas de a construir, revelando escolhas metodológicas, omissões e interesses. Como defendem Bazzo e Colombo (2001), a educação tecnológica, e, por extensão, o uso da tecnologia na análise territorial, só é efetiva quando é contextualizada e orientada por uma perspectiva crítica e socialmente comprometida. A leitura crítica do território, portanto, exige mais do que a coleta e análise de dados: requer uma compreensão ampliada dos processos históricos e das desigualdades estruturais que moldam os espaços.

Esse entendimento é especialmente relevante em regiões marcadas por vulnerabilidades persistentes, como o semiárido nordestino. Nesses contextos, os mapas, gráficos e índices não podem ser analisados apenas em termos quantitativos, pois expressam condições de vida, trajetórias coletivas e histórias de resistência. O território, nesse caso, é mais do que solo, relevo ou vegetação: é espaço vivido, permeado por experiências, afetos e exclusões. Portanto, o uso das geotecnologias precisa ser reinterpretado à luz das realidades humanas que elas pretendem representar.

Essa visão é reforçada por Cortinhas e Dias (2023), ao evidenciarem que a ciência não pode ser apartada das subjetividades e das experiências dos sujeitos sociais. Na análise socioambiental, isso significa que o uso de dados e mapas deve estar atento às dimensões simbólicas, culturais e políticas do território, reconhecendo que os processos de vulnerabilidade não são apenas ambientais ou econômicos, mas também subjetivos e históricos. Leal e Gouvêa (2001), por sua

vez, argumentam que a aproximação entre ciência, tecnologia e sociedade contribui para a formação de sujeitos críticos e para o fortalecimento da justiça social por meio da apropriação consciente do conhecimento.

Essa aproximação também exige um deslocamento metodológico: de uma análise que objetiva descrever o território para uma análise que busca compreendê-lo a partir de múltiplos pontos de vista, inclusive aqueles que vêm de fora da academia. Valorizar os saberes locais, as práticas tradicionais e os modos de existência das populações que habitam os espaços vulnerabilizados é reconhecer que há outras formas legítimas de produzir conhecimento. Ao fazer isso, ressignificamos o papel das tecnologias: de instrumentos de controle, passam a ser ferramentas de escuta e diálogo.

No campo da formação docente e da investigação crítica, Adams e Nunes (2023) demonstram como a inserção da abordagem CTS transforma o modo como se pensa a produção e aplicação do conhecimento científico, promovendo a reflexão sobre sua função social e seu impacto na vida concreta das populações. Essa dimensão é fundamental para análises como a proposta neste artigo, cujo foco na vulnerabilidade socioambiental requer uma abordagem que vá além da técnica, dialogando com as vivências e desigualdades enfrentadas pelas comunidades do semiárido.

Em última instância, a escolha por uma abordagem CTS representa um compromisso ético com a ciência como prática socialmente situada e responsiva às necessidades do território. Mais do que produzir diagnósticos, é necessário construir caminhos para que o conhecimento gerado possa fortalecer a autonomia das populações, subsidiar políticas públicas coerentes com as realidades locais e abrir espaço para outras narrativas sobre o desenvolvimento, a sustentabilidade e a justiça ambiental.

Assim, adotar a abordagem CTS neste estudo não é apenas um recurso metodológico, mas uma escolha política e epistemológica que fortalece a análise crítica do território, reconhecendo-o como espaço de conflito, resistência e possibilidade de transformação social.

Geotecnologias e Indicadores socioambientais

No cenário atual, a geotecnologia surge como uma ferramenta indispensável para a compreensão e análise das dinâmicas da sociedade e o do meio feio a qual está inserida. Essa tecnologia, que incluem sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto e cartografia digital, permitem a visualização e a interpretação de dados espaciais de maneira eficiente e acessível (FITZ, 2005).

A capacidade de representar informações em um formato visual facilita não apenas a compreensão das relações espaciais, mas também a identificação de padrões e tendências que poderiam passar despercebidos em análises reveladas (ROSA, 2005). Ademais, a integração de dados geográficos com indicadores ambientais pode fornecer um panorama abrangente das realidades locais, essencial para a formulação de políticas públicas que atendam às necessidades de uma determinada população.

Nesse viés, um dos aspectos relevantes do uso de geotecnologias é sua capacidade de identificar desigualdades sociais, econômicas, vulnerabilidades remotas aos meio físico-geográfico em diferentes regiões, podendo aumentar ou diminuir a escala de análise.

A sobreposição de dados ambientais a mapas geográficos não apenas facilita a visualização das disparidades, mas também permite que as decisões sejam orientadas por evidências concretas, o que é fundamental em um contexto em que as políticas sociais são demonstradas por um embasamento sólido (CARTIER et al., 2009).

Esse processo de mapeamento é importante para identificar áreas vulneráveis, onde a combinação de fatores como baixa renda, acesso limitado à educação, serviços de saúde deficitários e ocupação de áreas ambientais inadequadas se tornam evidentes, além dos registros cartográficos de indicadores ambientais para análise de áreas e/ou regiões suscetíveis a causalidades de critérios do meio físico-geográfico. Consequentemente, a análise geoespacial torna-se um recurso importante para direcionar intervenções que busquem reduzir essas disparidades e promover um desenvolvimento inclusivo e equitativo, permitindo um estudo preditivo de possíveis danos (BIRKMANN, 2016).

Além disso, uma análise de indicadores ambientais por meio de geotecnologias pode oferecer uma visão mais clara sobre os impactos de características ambientais, utilizando critérios ou indicadores, por exemplo: geologia, geomorfologia e drenagem, permitindo o desenvolvimento de planos de intervenções para a não ocupação e fixação humana em áreas de vulneráveis.

Nesse sentido, a mobilidade populacional, muitas vezes impulsionada por condições socioeconômicas adversas, representa um desafio significativo para a meio físico-geográfico, gerando pressão sobre regiões que necessitam de um estudo prévio para a sua possível ocupação (SILVA; GOMES, 2001). Por esta condição, a rápida inserção humana e a dinâmica ambiental, propiciam condicionantes mudanças no meio natural, tornando-se necessário o uso de meios de compilações de dados e informações geográficas de resultados instantâneos, principalmente quando se tem como objeto de análise uma gama de indicadores heterogêneos (SEABRA, 2009).

Destarte, por meio da sobreposição de dados ambientais com indicadores de desenvolvimento/suscetibilidade de vulnerabilidades em determinadas áreas, é possível entender melhor as dinâmicas regionais e as necessidades emergentes de um determinado local, permitindo uma resposta mais ágil e eficaz por parte dos gestores públicos (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2006).

Outro ponto importante a ser considerado é a utilização de geotecnologias na avaliação dos diversos tipos de vulnerabilidades. A capacidade de integrar indicadores ambientais com dados sociais e econômicos é fundamental para a identificação de áreas de maior risco e para a formulação de estratégias de mitigação, principalmente ao que se concerne ao meio ambiental, permitindo a construção de uma rede de informações compiladas e cartografadas para um estudo eficaz e mais assertivo de problemas pautados (COSTA; VIEIRA, 2018).

Em contextos onde a desigualdade é acentuada, como regiões afetadas por crises ambientais, as comunidades mais vulneráveis enfrentam os maiores desafios, necessitando de políticas que considerem as especificidades locais e as

condições socioeconômicas de cada área (LOPES, 2019). A análise geoespacial, portanto, não só pode contribuir para a compreensão das realidades locais, mas também permite desenvolver estratégias de adaptação que busquem atender às demandas da população de maneira eficaz.

Nesse pensamento, a aplicação de geotecnologias em gestão pública pode revelar uma ferramenta poderosa para o controle e a transparência das políticas inovadoras. Assim, o monitoramento de programas sociais e projetos de desenvolvimento, aliado à análise de dados ambientais, pode possibilitar uma gestão mais responsiva e adaptativa (FERRAZ et al., 2015).

Com informações precisas e em tempo real, os gestores públicos podem tomar decisões fundamentadas, promovendo um uso mais eficiente dos recursos e aumentando a eficácia das ações governamentais (ALBUQUERQUE et al., 2012). Essa integração entre geotecnologias e gestão pública não apenas otimiza o processo de tomada de decisões, mas também contribui para a construção de um governo mais transparente e responsável, capaz de atender às necessidades da sociedade de forma ágil e eficaz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados ambientais da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB permitiu compreender os diferentes aspectos que compõem o cenário de vulnerabilidade socioambiental, abrangendo desde fatores climáticos até os desastres naturais recorrentes. A seguir, os resultados são apresentados conforme os eixos definidos na metodologia e articulados com o referencial teórico do presente estudo, levando em consideração a perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

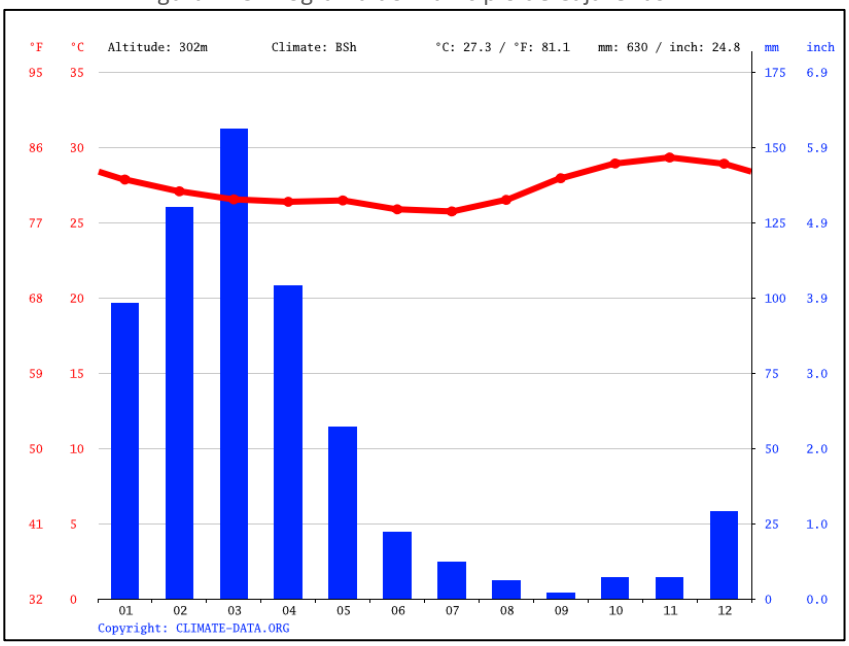
Aspectos climáticos

A Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB não dispõe de estações meteorológicas convencional ou automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e tal fato limita a análise do clima da região. Porém, é possível utilizar os dados disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, que se referem às precipitações.

Embora existam limitações de dados coletados por órgãos locais, o site Climate Data apresenta o climograma do município de Cajazeiras (Figura 1), único da região disponibilizado no site, que utiliza dados fornecidos por órgãos como a AESA e por estimativas já validadas pelos pesquisadores em Climatologia.

De acordo com os dados disponibilizados no site, o mês mais chuvoso do ano em Cajazeiras é março, com média de pouco mais de 150 mm de chuva, seguido por fevereiro, abril, janeiro e maio. Trata-se, assim, dos 5 meses mais chuvosos da região, correspondendo ao início do ano, época de predomínio da atuação de sistemas meteorológicos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e do avanço de massas de ar do continente, como a Massa Tropical Continental (MTC), que se forma na Amazônia e pode avançar até a região oeste da Paraíba.

Figura 1: Climograma do município de Cajazeiras-PB.



Fonte: Climate Data (2021). Adaptado pelo autor, 2021.

Na figura acima a linha vermelha representa a média mensal da temperatura, as barras verticais em azul representa a média pluviométrica mensal. Por seguinte, as temperaturas médias mensais, nota-se a estabilidade térmica do município de Cajazeiras, sempre com registros acima de 25 °C e abaixo de 30 °C. Os maiores registros ocorrem nos meses de setembro, outubro e novembro (maior registro), iniciando a diminuição a partir de dezembro, período que coincide com o início das chuvas. Os menores registros médios de temperatura ocorrem entre os meses de abril e julho.

Partindo para uma análise composta por todos os municípios da região, foram inseridos nesta discussão os dados de precipitação disponibilizados pela AESA. As precipitações de uma região são determinantes para a ocorrência de situações sociais de excesso ou insuficiência, sempre gerando impactos na sociedade; ou seja, em períodos de excesso de chuva, podem ser registrados impactos como inundações, alagamentos, desabamento de residências, colapsos de barragens, dentre outros.

Por outro lado, existem os impactos dos períodos de estiagem que podem limitar o acesso das pessoas a recursos básicos como água, alimentação e trabalho. Trata-se de realidades diferentes que são vivenciadas pelos mesmos grupos sociais há décadas.

O Quadro 1, bem como a Figura 1, apresentam os dados totais anuais de precipitação, da média histórica de cada município e da média anual da região, promovendo a distribuição espacial das chuvas na região, de acordo com os registros médios municipais.

Quadro 1: Dados de precipitação da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.

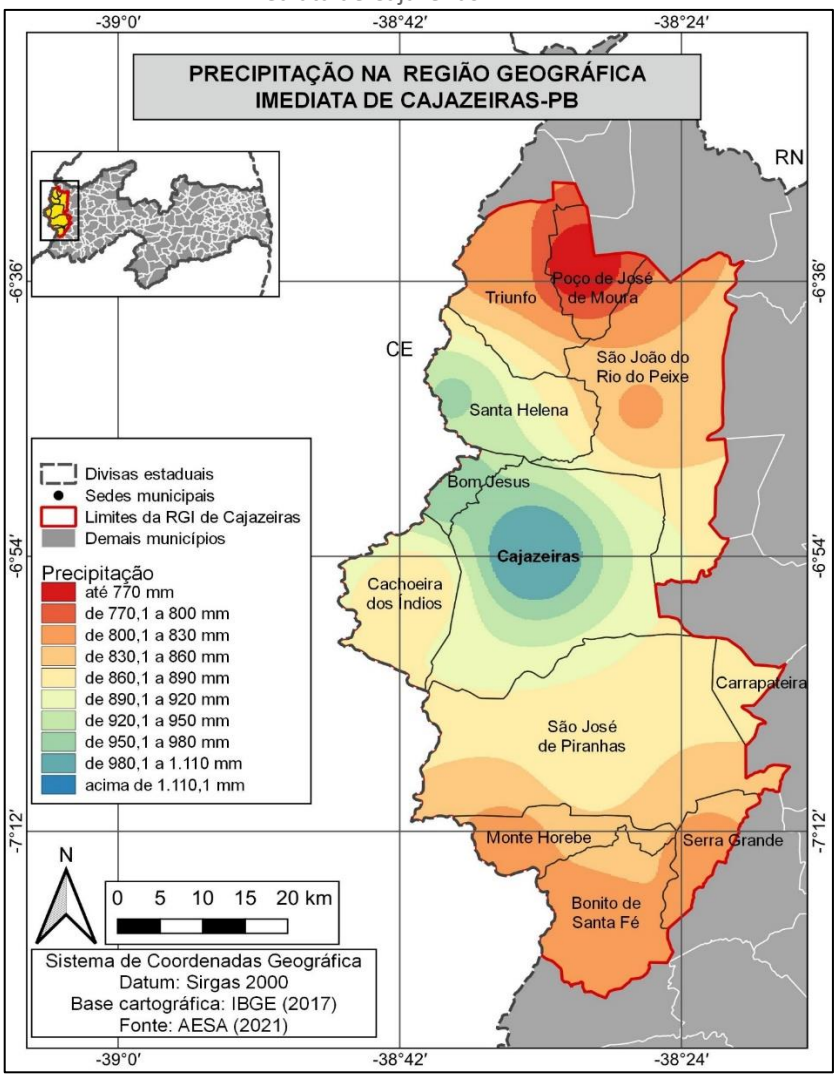
ANO	MUNICIPIOS												MÉDIA ANUAL
	Bom Jesus	Bonito de Santa Fé	Cachoeira dos Índios	Cajazeiras	Carrapateira	Monte Horebe	Poço de José de Moura	Santa Helena	São João do Rio do Peixe	São José de Piranhas	Serra Grande	Triunfo	
1994	****	1312,8	****	982,3	****	****	****	****	990,7	1173,2	1068,4	****	1105,5
1995	****	1010,2	****	961,9	****	****	****	****	938,5	982,4	987,3	****	976,1
1996	1336,6	553,0	1285,8	1349,8	1383,4	1066,6	****	925,5	1096,0	1286,5	864,7	1063,3	1110,1
1997	1118,8	788,2	1089,2	1151,3	987,3	956,9	****	926,2	922,0	836,8	758,8	790,1	938,7
1998	530,4	471,3	633,7	663,5	594,6	526,6	****	511,0	590,9	546,9	430,9	555,4	550,5
1999	979,9	746,6	866,1	955,5	1004,2	859,3	****	602,9	806,2	1127,1	710,8	571,5	839,1
2000	1386,2	930,2	1110,5	1331,1	1057,1	945,6	****	1243,9	1335,3	1130,0	934,8	1223,2	1148,0
2001	662,2	675,6	810,4	653,0	605,4	837,6	****	577,9	496,4	878,5	675,9	611,1	680,4
2002	1011,0	685,7	860,0	1026,7	1065,5	762,0	****	938,1	1037,0	1022,5	850,3	821,8	916,4
2003	1004,0	554,3	792,2	990,2	761,4	729,4	****	870,0	780,9	772,7	719,8	537,0	773,8
2004	1308,5	1112,9	1051,8	1234,8	923,6	1070,5	****	1011,4	1060,6	1139,6	774,2	1165,8	1077,6
2005	807,3	734,1	650,7	739,7	820,1	606,4	718,8	637,7	659,5	889,2	839,2	863,9	747,2
2006	1232,6	850,8	889,3	1232,8	1231,1	945,0	964,4	1114,7	1242,6	1290,9	1095,1	985,8	1089,6
2007	****	501,7	445,5	885,0	687,8	555,8	539,2	467,5	650,5	645,9	733,1	665,6	616,1
2008	1505,9	1238,9	1540,1	1824,0	1279,3	1325,4	983,5	1646,9	1519,3	1570,6	1548,8	1299,1	1440,2
2009	1075,8	918,6	1176,5	1535,6	1077,2	1057,4	1391,9	1052,9	1335,0	1192,9	1021,7	1138,8	1164,5
2010	636,8	893,3	713,4	792,5	759,6	706,2	925,7	680,2	833,6	686,6	657,4	898,3	765,3
2011	1436,3	1188,3	1020,7	1723,0	1017,4	1060,0	763,3	1046,4	1054,2	1172,0	896,9	1181,5	1130,0
2012	675,0	525,9	480,5	734,0	460,6	549,7	488,1	574,0	501,5	645,0	604,1	517,8	563,0
2013	645,2	829,0	573,8	768,9	702,3	817,2	645,6	745,3	767,3	737,0	732,9	670,6	719,6
2014	832,6	831,3	807,5	985,3	589,0	693,5	772,3	865,1	744,8	1072,6	785,3	677,2	804,7
2015	455,1	583,6	450,5	565,7	717,5	575,7	461,7	477,0	488,8	622,0	703,0	442,7	545,3
2016	868,3	442,4	929,4	945,4	648,3	442,5	544,9	666,2	749,1	617,1	498,4	724,9	673,1
2017	****	618,0	690,7	809,4	****	723,2	504,5	660,7	562,6	661,5	756,8	698,1	668,6
2018	****	1062,6	944,2	1300,2	614,5	926,7	652,3	730,1	838,4	1200,9	855,7	680,7	891,5
MEDIA	975,4	802,4	861,4	1045,7	863,1	814,7	739,7	824,9	880,1	956,0	820,2	816,7	866,7

Fonte: Climate Data (2021). Adaptado pelo autor, 2021.

Conforme exposto no Quadro 1, os dados foram apresentados do ano de 1994 até o ano de 2018, com algumas ausências dos dados, estas que não afetam diretamente a perspectiva da pesquisa. Sendo assim, o município mais chuvoso é Cajazeiras, com média histórica de 1045,7 mm anuais (único município da região a apresentar média acima dos 1.000 mm), seguido por Bom Jesus (975,4 mm) e São José de Piranhas (956,0 mm). As menores médias pluviométricas ocorrem nos municípios de Poço de José de Moura (739,7 mm), Bonito de Santa Fé (802,4 mm) e Monte Horebe (814,7 mm).

Na distribuição espacial (Figura 2), nota-se que os maiores índices de precipitação da região ocorrem na parte central, principalmente no município de Cajazeiras, enquanto que os menores registros são apresentados nas porções extremas do sul e do norte, com destaque para o município de Poço de José de Moura.

Figura 2: Mapa de precipitação dos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

As precipitações reduzidas, sobretudo na média, implicam em impactos sociais e naturais relevantes, como as secas e/ou estiagens, problema que afeta a sociedade de forma generalizada, seja no processo produtivo da zona rural ou na disponibilidade de recursos hídricos nas regiões urbanizadas, por exemplo.

Na escala temporal, os registros pluviométricos ocorrem com uma variabilidade notável; destacam-se os sete últimos anos da série, que apresentaram registros médios abaixo dos 1.000 mm. Os anos mais chuvosos foram 2008 (média de 1440,2 mm), 2009 (média de 1164,5 mm) e 2011 (média de 1130,0 mm). Embora tenhamos os maiores registros em um período recente da série analisada, nota-se que os menores registros ocorreram de forma mais comum nos últimos anos da série, com destaque para 2016 (média de 545,3 mm), 1998 (média de 550,5 mm) e 2012 (média de 563,0 mm).

A variabilidade climática observada na região não é apenas um fenômeno físico, mas uma condição que interage com as estruturas sociais e econômicas, configurando um estressor ambiental. A irregularidade pluviométrica, com anos significativamente abaixo da média (como 2016) e

outros com excessos (como 2008-2011), ao interagir com a estrutura socioeconômica local, pode ampliar a vulnerabilidade das comunidades.

Segundo Tavares e Silva (2008), eventos extremos como chuvas intensas, combinados com urbanização desordenada e infraestrutura precária, intensificam os riscos de enchentes e inundações. Da perspectiva CTS, a capacidade limitada de acesso a tecnologias de previsão e mitigação (alertas, sistemas de drenagem eficazes) e a ausência de políticas públicas adaptativas robustas tornam certos grupos sociais mais suscetíveis aos impactos negativos dessas variações climáticas extremas.

Nessa perspectiva, a dependência da agricultura local pela precipitação irregular torna as comunidades particularmente vulneráveis à seca e à estiagem, impactando diretamente a segurança alimentar e o sustento. Esta análise reforça a necessidade de políticas públicas que considerem a interação entre fatores ambientais e sociais para mitigar os impactos sobre a população (BIRKMANN, 2016).

Geologia

De acordo com o Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA/IBGE, os municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB possuem 5 Províncias Estruturais, que serão detalhadas em subprovíncias neste tópico, por município:

- Bom Jesus: Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai;
- Bonito de Santa Fé: Subprovíncia Itaporanga, com a letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Piancó, letra símbolo PP1p; Subprovíncia Santana dos Garrotes, letra símbolo NP2casg; Subprovíncia de Granitóides de Quimismo Indiscriminado, letra símbolo NP3(G)3i;
- Cachoeira dos Índios: Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai; Subprovíncia Poço da Cruz, letra símbolo PP3(G)pc;
- Cajazeiras: Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai; Subprovíncia Itaporanga, com a letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Poço da Cruz, letra símbolo PP3(G)pc; Subprovíncia Jucurutu, letra símbolo NP3sju; Subprovíncia Equador, letra símbolo NP3seq;
- Carrapateira: Subprovíncia Seridó, letra símbolo NP3ss; Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai;
- Monte Horebe: Subprovíncia Granitóides de Quimismo Indiscriminado, letra símbolo NP3(G)3i; Subprovíncia Itaporanga, letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Mauriti, letra símbolo Sm; Subprovíncia Piancó, letra símbolo PP1p; Subprovíncia Santana dos Garrotes, letra símbolo NP2casg;
- Poço de José de Moura: Subprovíncia Antenor Navarro, letra símbolo K1rpan; Subprovíncia dos Depósitos Aluvionares Holocênicos, letra símbolo Q2a; Subprovíncia Jaguaretama, letra símbolo PP2j; Subprovíncia Souza, letra símbolo K1rpsz;

- Santa Helena: Subprovíncia Antenor Navarro, letra símbolo K1rpan; Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai; Subprovíncia dos Depósitos Aluvionares Holocênicos, letra símbolo Q2a; Subprovíncia Itaporanga, letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Souza, letra símbolo K1rpsz;
- São João do Rio do Peixe: Subprovíncia Antenor Navarro, letra símbolo K1rpan; Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai; Subprovíncia dos Depósitos Aluvionares Holocênicos, letra símbolo Q2a; Subprovíncia Itaporanga, letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Poço da Cruz, letra símbolo PP3(G)pc; Subprovíncia Souza, letra símbolo K1rpsz;
- São José de Piranhas: Subprovíncia Caicó, com a letra símbolo PP2cai; Subprovíncia Equador, letra símbolo NP3seq; Subprovíncia de Granitóides de Quimismo Indiscriminado, letra símbolo NP3(G)3i; Subprovíncia de Granitóides Indiscriminados letra símbolo MP(G)i; Subprovíncia Itaporanga, com a letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Piancó, letra símbolo PP1p; Subprovíncia Santana Dos Garrotes, letra símbolo NP2casg; Subprovíncia Seridó, letra símbolo NP3ss e NP3s;
- Serra Grande: Subprovíncia de Granitóides de Quimismo Indiscriminado, letra símbolo NP3(G)3i; Subprovíncia de Granitóides Indiscriminados letra símbolo MP(G)i; Subprovíncia Itaporanga, com a letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Piancó, letra símbolo PP1p;
- Triunfo: Subprovíncia Equador, letra símbolo NP3seq; Subprovíncia dos Depósitos Aluvionares Holocênicos, letra símbolo Q2a; Subprovíncia Itaporanga, com a letra símbolo NP2NP3(G)it; Subprovíncia Jaguaretama, com a letra símbolo PP2j; Subprovíncia Souza, letra símbolo K1rpsz;

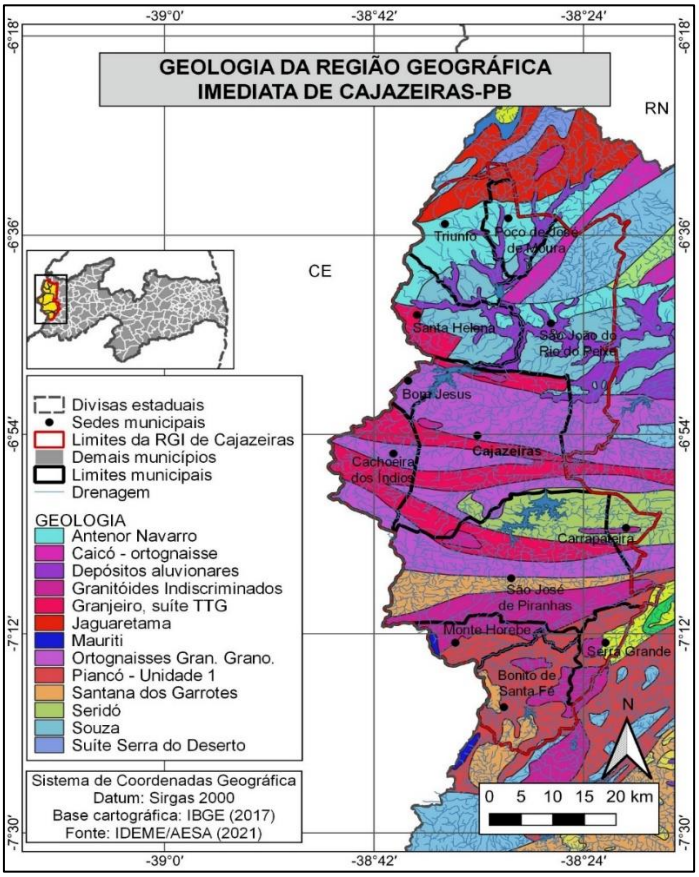
Considerando a diversidade geológica da região, evidenciada pela descrição acima feita de todas as subprovíncias que compõem o território, estão inseridas no Quadro 2 as quantidades de subprovíncias dos municípios, enquanto que a Figura 3 apresenta a espacialização da Geologia na região, de acordo com os dados do IDEME.

Quadro 2: Quantidade de subprovíncias geológicas dos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.

Nome do município	Subprovíncias
Bom Jesus	1
Bonito de Santa Fé	4
Cachoeira dos Índios	2
Cajazeiras	5
Carrapateira	2
Monte Horebe	5
Poço de José de Moura	4
Santa Helena	5
São João do Rio do Peixe	6
São José de Piranhas	8
Serra Grande	4
Triunfo	5

Fonte: BDIA/IBGE (2021). Elaboração: Autores, 2021.

Figura 3: Mapa de Geologia da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Elaboração: Autores, 2021.

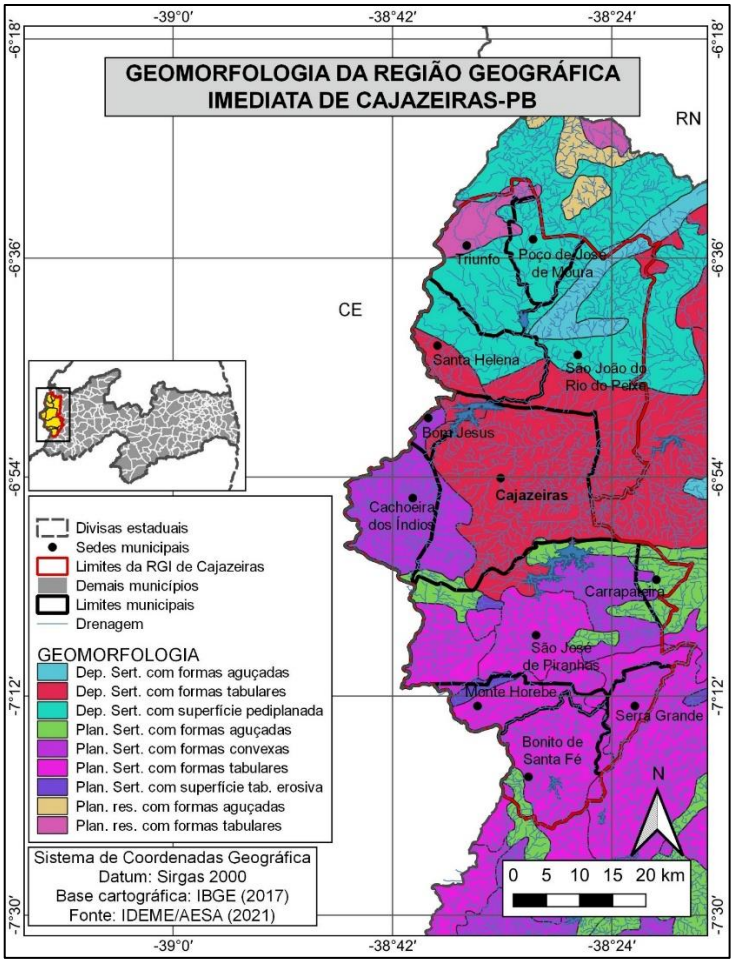
A diversidade geológica da região, com a presença de múltiplas subprovíncias em alguns municípios, indica uma heterogeneidade nas condições do substrato rochoso. Esta heterogeneidade tem implicações diretas sobre a estabilidade do terreno e a susceptibilidade a processos erosivos. Da perspectiva CTS, é importante considerar como o conhecimento geológico disponível é (ou não) incorporado nas práticas de uso e ocupação do solo.

Assim, a ausência de um planejamento territorial fundamentado nas características geológicas específicas pode levar à ocupação de áreas instáveis, aumentando a vulnerabilidade socioambiental, especialmente em encostas ou áreas propensas à erosão. A geologia, portanto, não é apenas um dado técnico, mas um fator que influencia a segurança das comunidades e a sustentabilidade das atividades humanas no território, refletindo escolhas tecnológicas e políticas de gestão do território (SEABRA, 2009).

Considerando a diversidade geomorfológica apresentada e suas características, a geomorfologia da região ocorre em dois grandes grupos, a saber: Depressão Sertaneja e Planalto Sertanejo. Além disso, existem pontos onde existem planaltos isolados denominados de Planaltos Residuais, a exemplo da Serra do Pereiro, município de Triunfo. Embora se tenha dificuldades para compreender de forma detalhada a Geomorfologia da região, o IDEME dispõe desses dados em uma escala maior, possibilitando uma análise que pode servir

como uma base consistente para que estudos futuros compreendam os detalhes da geomorfologia em suas nuances mais localizadas (Figura 4).

Figura 4: Mapa de Geomorfologia da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Elaboração: Autores, 2021.

A compartimentação geomorfológica da região em depressão sertaneja e planalto sertanejo reflete diferentes graus de estabilidade e potencialidades. Nesse pensamento, áreas pediplanizadas, conforme indicadas para o centro da região, podem oferecer maior estabilidade para ocupação, enquanto áreas serranas apresentam maior risco de processos gravitacionais. Sob a ótica CTS, é importante analisar como a dinâmica humana (expansão urbana, atividades agrícolas) interage com essas formas de relevância.

Assim, a limitação dos dados disponíveis em escalas específicas, conforme apontado, pode comprometer a eficácia da gestão territorial, dificultando a identificação de áreas de risco e a implementação de políticas públicas preventivas baseadas no conhecimento técnico-científico. A geomorfologia, portanto, molda as possibilidades e restrições do uso do solo, influenciando diretamente a vulnerabilidade socioambiental. Segundo (COSTA; VIEIRA, 2018), a forma como a sociedade se relaciona com a relevância é mediada por tecnologias de análise e planejamento, cuja aplicação (ou não) pode agravar ou mitigar os riscos associados

Hidrografia

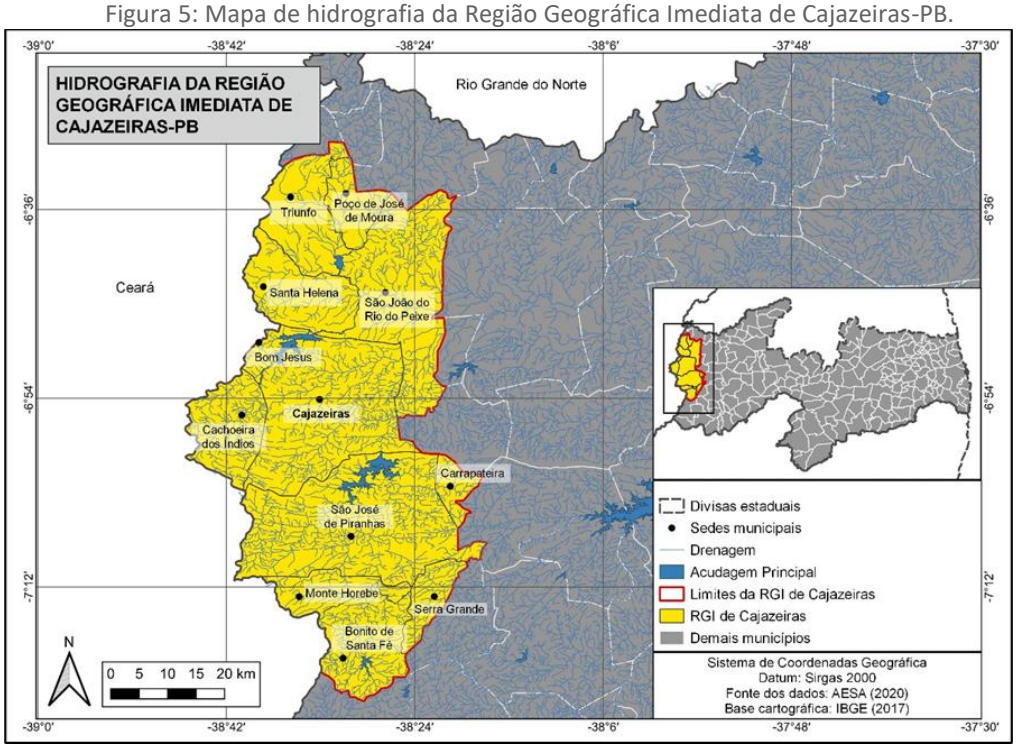
Na Paraíba, a hidrografia é dividida em dois grandes grupos de rios: os rios litorâneos e os rios sertanejos. Os rios litorâneos têm origem no Maciço da Borborema e se direcionam no sentido oeste-leste, rumo ao Oceano Atlântico; já os rios sertanejos se originam nas regiões serranas do Sertão, rumam às terras baixas do sertão do Rio Grande do Norte e deságuam no Oceano Atlântico.

Os rios que ocorrem na Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB são os rios sertanejos. As principais bacias hidrográficas da região são a do Rio Piranhas e do Rio do Peixe.

Muitas cidades da região cresceram às margens de rios, sendo que em diversas vezes tal crescimento ocorreu de forma a não observar os aspectos naturais dos rios e, com isso, após a ocorrência de eventos de chuva intensa e extrema, podem causar desastres naturais como enchentes e enxurradas. Sendo assim, é importante detectar a capacidade de influência dos rios no cotidiano das cidades.

Na Figura 5 é apresentada a hidrografia da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB, com destaque para os rios que cortam as cidades.

Figura 5: Mapa de hidrografia da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Fontes: IBGE (2017); AESA (2020). Elaboração: Autores. 2021

Na região, são encontrados três tipos de padrão de fluxo da água dos rios, a seguir:

- Sentido sul-norte (classificada como tipo 3): se trata da região de cabeceira dos rios, ou alto leito, onde ocorrem os fluxos mais turbulentos devido à proximidade das serras. Tal fato significa que a energia cinética das águas é

maior, o que pode acarretar em danos às comunidades urbanas e rurais durante eventos de chuva intensa e extrema. Este padrão de movimentação ocorre nos municípios do sul da região: Bonito de Santa Fé, Serra Grande, Monte Horebe, São José de Piranhas e Carrapateira;

- Sentido norte-sul (classificada como tipo 2): presente nos municípios do norte da região, a saber: Santa Helena, Triunfo, Poço de José de Moura e a porção norte e centro de São João do Rio do Peixe, onde os rios fluem rumo ao Rio do Peixe, afluente do Rio Piranhas. Assim como ocorre na primeira categoria de circulação dos rios, o fluxo é turbulento devido à proximidade de maciços residuais, onde surgem a maioria dos riachos que abastecem o Rio do Peixe;
- Oeste-leste (classificada como tipo 1): ocorre nos municípios do meio da região, onde os rios se destinam ao leito do Rio Piranhas, abrangendo os municípios de Cachoeira dos Índios, Bom Jesus, Cajazeiras e a porção sul do município de São João do Rio do Peixe. Nesta região, o fluxo é menos turbulento devido à geomorfologia pediplanizada da região.

No que tange à açudagem principal, se destacam quatro corpos hídricos:

- Açude Pilões, localizado entre os municípios de Triunfo e São João do Rio do Peixe, que possui capacidade de armazenar 7,3 milhões de metros cúbicos de água e atualmente se encontra com 85,8% de sua capacidade;
- Açude Lagoa do Arroz, localizado entre os municípios de Bom Jesus e Cajazeiras, com capacidade para 80,3 milhões de metros cúbicos e atualmente conta com 45,2% de sua capacidade hídrica;
- Açude Engenheiro Ávidos, localizado no município de São José de Piranhas, que é o maior da região e possui capacidade de armazenamento de 293,6 milhões de metros cúbicos de água e encontra-se com 37,7% de sua capacidade;
- e Açude Bartolomeu I, localizado no município de Bonito de Santa Fé, que tem capacidade de 17,7 milhões de metros cúbicos de água e encontra-se com 67,9% de sua capacidade.

A hidrografia da região, dominada pelos rios sertanejos Piranhas e do Peixe, é fundamental para a vida e as atividades econômicas. No entanto, a relação entre sociedade e água é complexa. A presença de açúcares (como Engenheiro Ávidos e Lagoa do Arroz) representa uma tecnologia de armazenamento importante para enfrentar a sazonalidade e a irregularidade das chuvas no semiárido.

Nesse pensamento, é importante analisar a governança desses recursos hídricos: como são geridos, quem tem acesso prioritário e como sua distribuição afeta a vulnerabilidade regional. Haja vista que, a ocupação urbana desordenada nas margens dos rios, conforme mencionado, ilustra uma desconexão entre o conhecimento técnico sobre riscos hidrológicos (enchentes) e as práticas de uso do solo, muitas vezes impulsionadas por fatores socioeconômicos e pela ausência de políticas públicas efetivas de zoneamento e gestão de riscos (TAVARES; SILVA, 2008).

Deste modo, a configuração da rede hidrográfica e a gestão dos açúcares pode afetar o acesso equitativo à água entre municípios e entre áreas urbanas e rurais, refletindo relações de poder e distribuição de recursos. Nesse

pensamento, segundo (FERRAZ et al., 2015) a tecnologia de gestão hídrica precisa ser articulada com políticas sociais para garantir a segurança hídrica.

Vegetação

A cobertura vegetal é um indicador fundamental para que se compreenda a estabilidade e a exposição à vulnerabilidade de um determinado local. Com a presença da vegetação, o solo se torna mais firme e estável, dificultando a ocorrência de fenômenos ligados à desestabilização pedológica como deslizamentos, erosão e assoreamento de corpos hídricos, por exemplo.

No caso do interior nordestino, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE utiliza o termo savana-estépica para se referir ao bioma caatinga. Criado por Trochain (1955), o binômio se refere a uma realidade na "qual árvores, arbustos e ervas estão presentes de forma relevante, sem uma clara dominância fisionômica das árvores" (IBGE, 2012, p. 50).

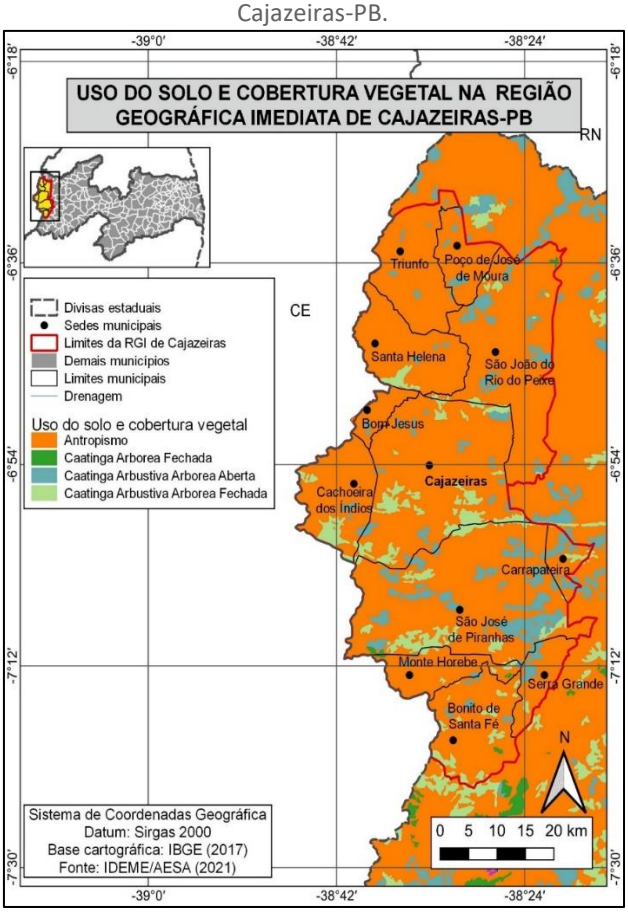
As informações expostas no Quadro 3 foram extraídas do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA/IBGE, e apresentam o percentual da cobertura do solo nos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras. Já a espacialização da Figura 6 foi elaborada de acordo com os dados do IDEME

Quadro 3: Cobertura do solo nos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB em 2021.

Município	Savana-Espética (%)	Agricultura e Pecuária (%)	Influência Urbana (%)	Corpo d'água continental (%)
Bom Jesus	47,63	44,5	0	7,87
Bonito de Santa Fé	48,71	50,26	0,38	0,65
Cachoeira dos Índios	63,08	34,98	1,64	0,3
Cajazeiras	75,97	20,69	1,86	1,48
Carrapateira	81,95	14,88	3,17	0
Monte Horebe	48,37	50,22	1,15	0,26
Poço de J. de Moura	26,48	69,39	3,98	0,15
Santa Helena	33,48	59,84	6,62	0,06
São J. do Rio do Peixe	38,19	60,34	1,1	0,37
São José de Piranhas	68,56	28,15	0,22	3,07
Serra Grande	79,77	19,73	0,5	0
Triunfo	27,54	70,21	1,65	0,6

Fonte: BDIA/IBGE (2021). Elaboração: Autores, 2021.

Figura 6: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal na Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Elaboração: Autores, 2021.

No quadro 3, a vegetação natural da região estudada é representada pela savana-estépica, e a cobertura de vegetação percentual por município apresenta uma variabilidade notável, ocorrendo entre 26,48% e 81,95%. Os maiores registros percentuais ocorrem nos municípios de Cajazeiras (75,97%), Serra Grande (79,77%) e Carrapateira (81,95%); já os municípios de Poço de José de Moura, Triunfo e Santa Helena apresentam as menores coberturas vegetais da região, com registros respectivos de 26,48%, 27,54% e 33,48%.

No que diz respeito aos demais tipos de cobertura do solo, destacam-se as atividades de agricultura e agropecuária, estas que possuem como uma de suas etapas a remoção da vegetação nativa para inserção de pastagens, causando danos aos sistemas ambientais físicos. Nesta perspectiva, os municípios de São João do Rio do Peixe (60,34%), Poço de José de Moura (69,39%) e Triunfo (70,21%) são os que apresentam maior proporção do território dedicada às atividades, enquanto que Carrapateira (14,88%), Serra Grande (19,73%) e Cajazeiras (20,69%) apresentam os menores registros percentuais.

Registra-se, ainda, que existem áreas de influência urbana e de corpo d'água continental que ocupam quantitativos percentuais dos territórios municipais, porém, com quantitativos reduzidos.

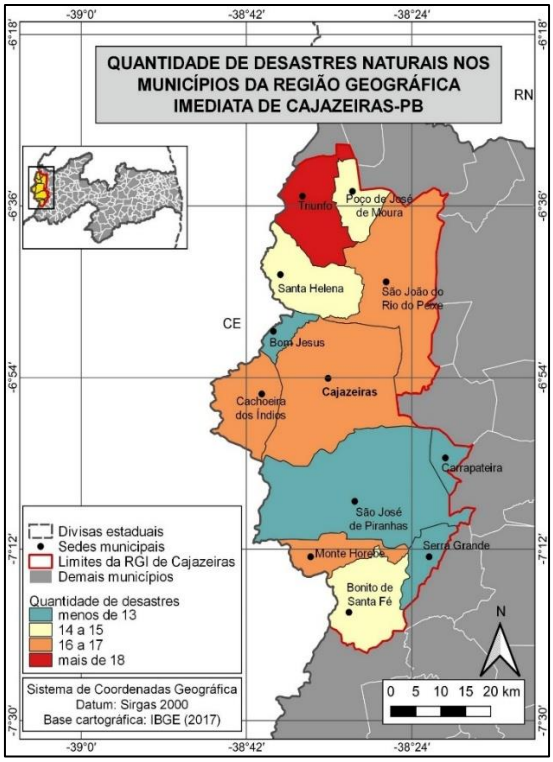
A cobertura vegetal, representada pela savana-estépica, desempenha um papel importante na manutenção da estabilidade do solo e na regulação hídrica local. Sob a ótica CTS, essa conversão da vegetação nativa é resultado

de escolhas tecnológicas e econômicas, influenciadas por políticas agrícolas e pela lógica de mercado. A remoção da cobertura vegetal, conforme planejado, compromete a integridade dos sistemas ambientais, aumentando a suscetibilidade a processos erosivos e o assoreamento de corpos d'água. Municípios com baixa cobertura vegetal (Poço de José de Moura, Triunfo) enfrentam riscos ambientais mais acentuados, evidenciando a necessidade de políticas públicas que promovam práticas de uso sustentável da terra e da restauração da vegetação nativa (BIRKMANN, 2016). A gestão da vegetação nativa é um processo social e econômico que afeta a vulnerabilidade socioambiental, refletindo desigualdades no acesso a recursos e nas decisões sobre o uso da terra.

Ocorrências de desastres naturais

De acordo com dados coletados no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres –S2iD, ambiente da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional, entre os anos de 2003 e 2016 ocorreram 178 desastres naturais na Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB, com distribuição municipal variável entre 12 e 18 registros na escala temporal citada. Os municípios que menos apresentaram registros de desastres naturais foram: Serra Grande (12 eventos), Bom Jesus, Carrapateira e São José de Piranhas (13 eventos cada). Já os municípios de Monte Horebe (17 eventos) e Triunfo (18 eventos) foram os que mais decretaram situações de emergência ou calamidade pública, deflagrando os eventos adversos. A Figura 7 apresenta a espacialização regional dos dados totais de ocorrência de desastres.

Figura 7: Mapa da quantidade de desastres naturais nos municípios da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Fonte: Brasil (2021). Elaboração: Autores, 2021.

Tais registros possuem natureza de evento na parte climática (estiagens e secas) e hidrometeorológica (enxurradas e inundações). Sendo assim, os eventos climáticos intensos e extremos são determinantes para a ocorrência desses desastres, e eles podem ser vinculados à ausência ou ao excesso de chuvas. O Quadro 4 apresenta os dados de desastres naturais por município.

Quadro 4: Ocorrência de desastres naturais nos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB (de 2003 a 2016).

Município	Quantidade de desastres
Bom Jesus	13
Bonito de Santa Fé	15
Cachoeira dos Índios	16
Cajazeiras	16
Carrapateira	13
Monte Horebe	17
Poço de J. de Moura	15
Santa Helena	14
São J. do Rio do Peixe	16
São José de Piranhas	13
Serra Grande	12
Triunfo	18

Fonte: Brasil (2021). Elaboração: Autores, 2021.

Embora se tenha registro de municípios com mais ocorrências e outros com menos ocorrências, nota-se certa estabilidade geral no número de dados, visto que, em 14 anos de escala temporal, dois terços dos municípios da região apresentaram registro de 1 ou mais desastres naturais por ano, enquanto que o restante dos municípios apresentou média anual próxima a 1, o que torna possível afirmar que, de forma geral, a população da região está exposta de forma frequente aos desastres naturais, sejam ele vinculados a períodos chuvosos ou de estiagem.

A ocorrência frequente de desastres naturais (estiagens, secas, enxurradas, inundações) entre 2003 e 2016 na região evidencia uma exposição constante a perigos hidrometeorológicos. Conforme Cutter et al. (2003), a ocorrência de desastres é o resultado da interação entre o perigo natural e a vulnerabilidade social. Assim, o número de decretos de emergência não reflete apenas a frequência dos eventos, mas também a suscetibilidade das comunidades locais e a sua capacidade de resposta. Municípios como Triunfo e São João do Rio do Peixe, que registram mais eventos, podem estar localizados em áreas de maior exposição (cabeceiras de bacia) ou apresentar maior vulnerabilidade social e infraestrutural.

Assim, é fundamental analisar como as tecnologias de monitoramento, alerta e mitigação são distribuídas e utilizadas, e como as políticas públicas de gestão de riscos e proteção civil são rupturas localmente para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência das populações. A frequência dos desastres está ligada à variabilidade climática e às modificações do uso do solo, refletindo a necessidade de uma gestão integrada dos riscos. A análise geoespacial desses eventos é crucial para direcionar intervenções que

busquem reduzir essas disparidades e promover um desenvolvimento inclusivo e equitativo (CARTIER et al., 2009).

Síntese dos indicadores ambientais e índice de vulnerabilidade ambiental da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB

Após o detalhamento dos indicadores das condições ambientais da região, os mesmos foram sintetizados para a construção do índice de vulnerabilidade ambiental da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB, utilizando dados de precipitação média (mm), quantidade de subprovíncias geológicas, quantidade de unidades geomorfológicas, tipo de hidrografia, percentual municipal de cobertura vegetal, percentual municipal de uso do solo na agropecuária e quantidade total de desastres naturais. Sendo assim, a síntese dos dados está disponível na Tabela 1.

Tabela 1: Síntese dos dados ambientais da Região Geográfica Imediata Cajazeiras-PB.

Município	Precipitação média (mm)	Subprovíncias geológicas	Unidades geomorfológicas	Hidrografia (tipo)	Cobertura vegetal (%)	Agropecuária (%)	Desastres naturais
Bom Jesus	975,4	1	1	1	47,63	44,5	13
Bonito de Santa Fé	802,4	4	1	3	48,71	50,26	15
Cachoeira dos Índios	861,4	2	1	1	63,08	34,98	16
Cajazeiras	1 045,7	5	2	1	75,97	20,69	16
Carrapateira	863,1	2	1	3	81,95	14,88	13
Monte Horebe	814,7	5	2	3	48,37	50,22	17
Poço de J. de Moura	739,7	4	2	2	26,48	69,39	15
Santa Helena	824,9	5	2	2	33,48	59,84	14
São J. do R. do Peixe	880,1	6	3	2	38,19	60,34	16
São José de Piranhas	956,0	8	2	3	68,56	28,15	13
Serra Grande	820,2	4	1	3	79,77	19,73	12
Triunfo	816,7	5	3	2	27,54	70,21	18

Elaboração: Autores, 2021.

Com base nos 7 indicadores ambientais levantados, foi aplicada a metodologia utilizada pelo IPEA para a construção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental – IVA dos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB. Sendo assim, para a construção do índice, foram utilizados pesos equivalentes para cada indicador, estabelecendo parâmetros máximos e mínimos e padronizando com valores que variam de 0,0 a 1,0; quanto menor o índice, menor a vulnerabilidade ambiental do município, descritos na metodologia deste trabalho.

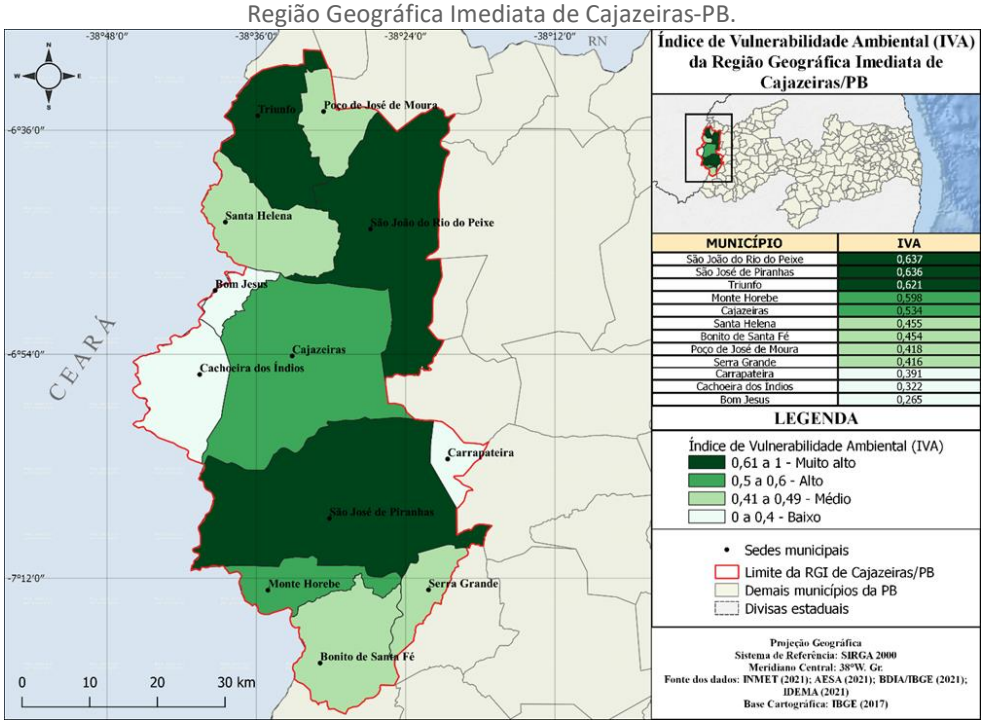
O Quadro 7 apresenta os índices de vulnerabilidade ambiental dos municípios componentes da região em estudo, enquanto que a Figura 8 apresenta a espacialização dos índices.

Quadro 7: Índice de Vulnerabilidade Ambiental dos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.

Nome do município	IVA
Bom Jesus	0,265
Cachoeira dos Índios	0,322
Carrapateira	0,391
Serra Grande	0,416
Poço de José de Moura	0,418
Bonito de Santa Fé	0,454
Santa Helena	0,455
Cajazeiras	0,534
Monte Horebe	0,598
Triunfo	0,621
São José de Piranhas	0,636
São João do Rio do Peixe	0,637

Elaboração: Autores, 2021.

Figura 8: Mapa do Índice de Vulnerabilidade Ambiental dos municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB.



Elaboração: Autores, 2021.

O Índice de Vulnerabilidade Ambiental dos municípios que compõem a região ficou entre 0,265 e 0,637, sendo os indicadores mais determinantes para esta variação a cobertura vegetal, o uso do solo para agropecuária e a ocorrência de desastres naturais, além da diversidade geológica e geomorfológica, fatores que são importantes para determinar a capacidade de ajuste dos sistemas ambientais físicos e a fragilidade ambiental desses sistemas.

Três municípios apresentaram IVA abaixo de 0,4: Bom Jesus (0,265), Cachoeira dos Índios (0,322) e Carrapateira (0,391). Já os maiores registros de IVA ocorreram acima de 0,6: São João do Rio do Peixe (0,637), São José de Piranhas (0,636) e Triunfo (0,621). Os municípios com os maiores registros obtidos de IVA se localizam em áreas de cabeceira de bacias hidrográficas, sobretudo na parte

norte da região, apresentam elevados quantitativos de desastres naturais e os menores índices pluviométricos da região, necessitando, assim, de uma maior atenção dos poderes públicos, planejando e implementando políticas públicas de acordo com a necessidade local.

A construção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) representa uma tentativa de sintetizar complexas interações socioambientais em uma medida comparativa. Inspirado na metodologia do IPEA e utilizando geotecnologias (como o SIG QGIS), este índice integra indicadores físicos (precipitação, geologia, geomorfologia, hidrografia) e uso do solo (vegetação, agropecuária) com dados de ocorrência de desastres. Sob a ótica CTS, é importante considerar que o IVA é uma construção técnica que envolve escolhas metodológicas (indicadores selecionados, pesos atribuídos) e reflete uma determinada visão da vulnerabilidade.

Os resultados, que variam de 0,265 (Bom Jesus) a 0,637 (São João do Rio do Peixe), indicam áreas prioritárias para intervenção. No entanto, o uso desse índice deve ir além da categorização. É fundamental que os gestores públicos e a sociedade local utilizem essas informações como base para o diálogo e a formulação de políticas públicas específicas e efetivas. A tecnologia empregada (geotecnologias) torna-se, assim, uma ferramenta para a transparência e a tomada de decisão informada, desde que acompanhada de um compromisso ético com a justiça social e a participação das comunidades vulneráveis no processo de planejamento. O índice reflete as perigosidades naturais combinadas com a fragilidade social e a exposição das populações (CUTTER et al., 2003).

Assim, aplicação de geotecnologias na avaliação das vulnerabilidades regionais ganhou destaque na literatura científica, permitindo mapear aspectos como distribuição populacional, acesso a serviços públicos, condições de moradia e cobertura vegetal, facilitando o entendimento das complexas inter-relações entre o meio ambiente e as condições socioeconômicas da população. A integração de dados socioeconômicos e ambientais por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é essencial para regiões semiáridas, onde a confluência de fatores como desertificação, deficiência hídrica e falta de infraestrutura básica aumenta a vulnerabilidade (TAVARES; SILVA, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos aspectos climáticos, do meio físico, da disponibilidade hídrica e das ocorrências de desastres naturais permitiu uma compreensão abrangente das vulnerabilidades da Região de Cajazeiras-PB. Verificou-se que a irregularidade das chuvas e as altas temperaturas provocadas pelos episódios de estiagem, que afetam a segurança hídrica e agravam as condições ambientais e sociais locais.

Os Municípios com cobertura vegetal limitada e uso intensivo para agropecuária, como Triunfo, São João do Rio do Peixe e São José de Piranhas apresentaram os maiores índices de IVA, destacando-se uma alta vulnerabilidade ambiental. Em contrapartida, locais com maior preservação vegetal, como Carrapateira e Serra Grande, apresentaram índices mais baixos, sublinhando o papel da cobertura natural na mitigação dos riscos.

A aplicação de geotecnologias, por meio do geoprocessamento e da construção do IVA, mostrou-se fundamental para uma análise espacial precisa dos fatores de vulnerabilidade.

Essa abordagem tecnológica permitiu identificar padrões e áreas críticas, subsidiando uma gestão ambiental mais informada. No entanto, é essencial considerar que essa ferramenta não é neutra. A escolha dos indicadores, a metodologia de construção do índice e a representação cartográfica refletem uma determinada visão da realidade e pressupostos sobre o que constitui vulnerabilidade.

Assim, os dados técnicos devem ser interpretados considerando as estruturas sociais, econômicas e políticas que moldam a realidade dos territórios específicos. A alta vulnerabilidade identificada em alguns municípios não é apenas resultado de condições físico-ambientais adversas, mas também de desigualdades históricas, fragilidades institucionais e limitações de acesso a recursos e direitos.

Portanto, os resultados obtidos não devem ser vistos apenas como diagnósticos técnicos, mas como insumos para uma análise crítica que dialoga com as vivências das comunidades locais. A perspectiva CTS reforça a necessidade de que políticas públicas regionais sejam formuladas com base nessas análises espaciais, mas também fundamentadas em um compromisso ético com a justiça ambiental, a equidade social e a participação efetiva da população.

Sugere-se, assim, que as estratégias de conservação ambiental, manejo hídrico e mitigação de desastres sejam pensadas de forma integrada, considerando tanto os dados objetivos quanto os contextos sociais e históricos da região semiárida. Além disso, o presente estudo, além de sua relevância acadêmica, pode ser considerado um panorama técnico e científico que subsidia uma análise crítica do espaço, fomentando políticas territoriais mais justas e eficazes para a realidade local.

Environmental Diagnosis of the Immediate Geographic Region of Cajazeiras-PB: application of geotechnologies and environmental indicators

ABSTRACT

This study investigates the socio-environmental vulnerabilities of the Immediate Geographic Region of Cajazeiras-PB, analyzing four main axes: (1) climatic aspects, (2) physical environment (geology, geomorphology, hydrography and vegetation), (3) water availability and (4) occurrences of natural disasters, in addition to carrying out a descriptive and technical analysis of the study area. Through the use of geotechnologies and environmental indicators, the study maps the areas of greatest vulnerability, integrating data to construct the Environmental Vulnerability Index (IVA). As a result, the study showed that the semi-arid region of Cajazeiras presents challenges such as irregular rainfall and water deficiency, which interact with socioeconomic factors and accentuate local risks. In this sense, it is concluded that this research offers a basis for the development of public policies external to risk mitigation, considering the particularities of the semi-arid region and promoting resilience in local communities in the region.

KEYWORDS: Environmental Diagnosis. Environmental Indicators. Geotechnology.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Fernanda Welter; NUNES, Simara Maria Tavares. A vivência da abordagem de ensino CTS na formação inicial de professores de química. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, p. 41-57, 2023.Disponivel em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13186. Acesso em: 20 de jul de 2025.

ALBUQUERQUE, E. L. S. et al. SIG-WEB Ceará em mapas interativos, novas ferramentas na cartografia escolar (WEB-GIS Ceara for Interactive Maps, new tools in cartographic education). **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 253 a 269, mar. 2012. ISSN 1984-2201. Available at: http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/711. Acesso em: 27 out. 2020.

BAZZO, W. A.; COLOMBO, C. R. Educação tecnológica contextualizada: ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro. **Revista de Ensino de Engenharia**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 916, 2001.

BIRKMANN, J. W. T. The World Risk Index 2016: Reveals the Necessity for Regional Cooperation in Vulnerability Reduction. **J Extreme Events**. 2016. Disponível em: https://www.ireus.uni-stuttgart.de/dateiuploads/Birkmann-and-Welle_2016_WorldRiskIndex2016.pdf. Acesso em: 22 de abr. de 2020.

CORTINHAS, M. S.; DIAS, M. S. de L. A intersecção entre a teoria da subjetividade e o campo da Ciência Tecnologia e Sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**., Curitiba, v. 19, n. 58, p. 1-17, out./dez., 2023. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/16462. Acesso em: 20 de jul de 2025.

COSTA, G. J. A.; VIEIRA, C. I. de P. Geotecnologias para análise da vulnerabilidade ambiental do núcleo de desertificação do Piauí. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, 2018. Disponível em: https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6043/4823. Acesso em 12 de mar.2020.

CUTTER, S. L.; BORUFF; B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Social Science Quarterly. 2003. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1540-6237.8402002. Acesso em 15 de mar. 2020.

FERRAZ, C. A. de M. et al. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. Revista TCU. 2015. Brasília–DF. Disponível em: https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1304. Acesso em 10/05/2020.

FITZ, P. R. Novas tecnologias e os caminhos da Ciência Geográfica. **Diálogos**. Canoas. 2005.

LEAL, M. C. E; GOUVÊA, G. Uma visão comparada do ensino em ciência, tecnologia e sociedade na escola e em um museu de ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 6784, 2001.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, 2006, p. 33-43. Disponível em: http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_03.pdf. Acesso em: 13 de fev. de 2020.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (CiênciaTecnologiaSociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133162, 2000.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009. Acesso em 15 de fev. 2020.

SEABRA, V. da S. Geotecnologias e Estudos Ambientais: Conceitos e aplicações. **Revista Ambientale**, 1(1), 27–36. Recuperado de https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/3. Acesso em 17 de nov. de 2024.

SILVA, M. J. R. da.; GOMES, R. de C. da C. Migração, crescimento econômico e qualidade de vida em Natal/RN. SCRIPTA NOVA. **Revista Eletrônica de Geografia y Ciências Socialis**. n. 94. Universidade de Barcelona. Agosto/2001. Disponível em: https://www.ub.edu/geocrit/sn-94-68.htm. Acesso em: 10 de mar.2020.

TAVARES, A. C.; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 1, 2008.

Recebido 21/11/2024
Aprovado: 30/07/2025
DOI: 10.3895/rts.v21n65.19507

Como citar: SILVA, José Lindemberg Bernardo, COSTA, Franklin Roberto. Diagnóstico Ambiental da Região Geográfica Imediata de Cajazeiras-PB: aplicação de geotecnologias e indicadores ambientais

Rev. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 21, n. 65, p.304-331, jul./set., 2025. Disponível em:

https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/19507

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.