



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PRINCESA ISABEL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

NICOLLE OHANA ALVES MARQUES

**ANÁLISE DOS BREJOS DE ALTITUDE DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE
PRINCESA ISABEL - PB**

PRINCESA ISABEL
2025

NICOLLE OHANA ALVES MARQUES

**ANÁLISE DOS BREJOS DE ALTITUDE DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE
PRINCESA ISABEL - PB**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba/Campus Princesa Isabel, como exigência para obtenção do Título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr.Erickson Melo de Albuquerque

PRINCESA ISABEL
2025

IFPB - Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) – Agnaldo Oliveira - CRB - 15/988

M357a Marques, Nicolle Ohana Alves.
Análise dos brejos de altitude da região geográfica imediata de Princesa Isabel - PB / Nicolle Ohana Alves Marques.- 2025.
38 f : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior em Gestão Ambiental) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2025.

Orientador(a): Prof. Dr.Erickson Melo de Albuquerque.

1. Gestão Ambiental. 2.Terra - Semiárido. 3. Terra - Uso - Cobertura. 4.
Geotecnologias. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/PI

CDU 502

Catalogação na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da
Biblioteca Professor José Eduardo Nunes do Nascimento, do IFPB Campus Princesa Isabel.

NICOLLE OHANA ALVES MARQUES

ANÁLISE DOS BREJOS DE ALTITUDE DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL - PB

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso Superior em Tecnologia em Gestão
Ambiental do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba/Campus
Princesa Isabel, como exigência para ob-
tenção do Título de Tecnóloga em Gestão
Ambiental.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ERICKSON MELO DE ALBUQUERQUE**
Data: 23/12/2025 20:22:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Erickson Melo de Albuquerque (Orientador)
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Documento assinado digitalmente
 **ANA MARIA SEVERO CHAVES**
Data: 23/12/2025 20:40:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ana Maria Severo Chaves
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Documento assinado digitalmente
 **MARCIA MIRELLY ANDRE DA SILVA**
Data: 24/12/2025 07:46:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Ma. Márcia Mirelly André da Silva
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

PRINCESA ISABEL
2025

Dedico este trabalho à minha mãe, pelos sacrifícios silenciosos que jamais passaram despercebidos, pelas vibrações sempre tão espalhafatosas que enchem minha vida de cor, por dividir comigo o amor pela natureza e por acreditar na força transformadora da educação. Mãe, só sou o que sou porque você foi primeiro.
Somos sempre nós.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de forma especial, a atual coordenadora, Laís Lacerda, e à ex-coordenadora, Cristiane França (que foram também minhas professoras), pelo apoio não apenas institucional mas além dele, pela nossa amizade, e, assim, estendo meus agradecimentos aos meus professores, pelo conhecimento compartilhado ao longo da graduação, pela ética e pelo compromisso com a educação.

Ao meu orientador Erickson Melo de Albuquerque, pela paciência (que não foi pouca), dedicação, responsabilidade, cuidado, amizade, ensinamentos, incentivo constante e pelas valiosas contribuições que tornaram possível a concretização deste trabalho.

Aos colegas de turma, pelas trocas de experiências, companheirismo, dificuldades compartilhadas e pelas conquistas vividas juntos durante esta fase tão importante. E claro, por tornar, quase sempre, os dias mais leves.

Aos servidores da instituição, pelo apoio, gentileza, disponibilidade e contribuição para o bom funcionamento da instituição. À Simone Medeiros, servidora da biblioteca municipal de Princesa Isabel, por todo apoio desde quando cheguei à cidade, e sobretudo pela amiga maravilhosa que é, por nossas risadas, partilhas e por todas as vezes em que estive em suas orações.

Aos amigos Stephany e Miguel, que estiveram sempre presentes quando precisei, seja de ajuda, seja de momentos bons com pessoas com as quais me sinto muito bem, e ambos sempre proporcionaram isso.

Agradeço, com muito carinho, aos meus amigos João, Paloma e Diego, que foram fundamentais para que eu ingressasse neste curso. João, pelo estímulo aos estudos, por correr junto comigo, por toda contribuição e por sempre acreditar no meu potencial; Paloma, minha amiga de andanças, que nunca esteve longe suficiente para que eu me sentisse sem seu cuidado e amor demonstrado em cada gesto; e Diego, que além de reforçar sempre o meu potencial, é também o responsável pelas melhores conversas, e por tornar essa caminhada muito mais leve.

À minha família, em especial à minha mãe, meu maior exemplo de força, amor e dedicação. Obrigada por cada sacrifício, cada incentivo, cada oração e por nunca deixar de acreditar em mim. Esta conquista também é sua. E aos meus dois outros amores do universo Kyara e Heitor, que são fonte inesgotável de renovação das minhas energias.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

Este estudo analisou os brejos de altitude da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel (PB), considerados áreas de exceção no semiárido por apresentarem condições diferenciadas de umidade, solos e vegetação. Esses ambientes servem como refúgios ecológicos, hídricos e agrícolas, que necessitam de mais pesquisas integradas para orientar ações de conservação e gestão territorial. O objetivo principal foi analisar de forma integrada os aspectos ambientais e a dinâmica do uso e cobertura da terra nos brejos de altitude da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel PB, no período de 1994 a 2024. Para isso, foram utilizadas geotecnologias como dados do MapBiomas, imagens Sentinel-2, modelo altimétrico ALOS World 3D e informações geológicas, pedológicas e pluviométricas integradas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Como resultados, a caracterização física da área evidenciou grande variedade de rochas e formas de relevo, com altitudes predominantes entre 600 e 900 m e solos geralmente rasos, ainda que algumas áreas mais férteis favoreçam a agricultura. A análise das chuvas indicou forte sazonalidade e influência das elevações no clima. Enquanto a análise temporal do uso da terra revelou áreas com agricultura e conversão significativa da vegetação nativa, embora os brejos mais altos tenham mantido melhor estado de conservação. Esses resultados destacam a relevância desses ambientes e a necessidade de estudos mais detalhados para subsidiar políticas de conservação.

Palavras-chaves: Áreas de exceção; Semiárido; Geotecnologias; Uso e cobertura da terra.

ABSTRACT

This study analyzed the high-altitude wetlands (brejos de altitude) of the Immediate Geographic Region of Princesa Isabel (Paraíba), which are considered exceptional areas within the semi-arid region due to their distinct conditions of humidity, soil, and vegetation. These environments serve as ecological, water, and agricultural refuges that require further integrated research to guide conservation actions and territorial management. The primary objective was to perform an integrated analysis of the environmental aspects and the dynamics of land use and land cover in the high-altitude wetlands of the Princesa Isabel Immediate Geographic Region (PB) from 1994 to 2024. To achieve this, geotechnologies were employed, including MapBiomass data, Sentinel-2 imagery, the ALOS World 3D altimetric model, and geological, pedological, and rainfall information integrated within a Geographic Information System (GIS) environment. The results of the physical characterization revealed a wide variety of rock types and landforms, with predominant altitudes ranging between 600 and 900 meters and generally shallow soils, although some more fertile areas favor agriculture. Rainfall analysis indicated strong seasonality and the influence of elevation on the climate. Meanwhile, the temporal analysis of land use revealed areas of agriculture and significant conversion of native vegetation, though the higher-altitude wetlands have maintained a better state of conservation. These findings highlight the relevance of these environments and the need for more detailed studies to support conservation policies.

Keywords: Areas of exception; Semi-arid region; Geotechnologies; Land use and land cover.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da localização da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB	15
Figura 2 – Mapa da litologia da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	19
Figura 3 – Mapa da pedologia da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	20
Figura 4 – Hipsometria da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	21
Figura 5 – Declividade do relevo da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	22
Figura 6 – Série temporal da pluviometria da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel, de 2014 a 2024.	22
Figura 7 – Mapa do Clima da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB	23
Figura 8 – Mapa da vegetação da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	24
Figura 9 – Índice de umidade nos períodos chuvoso e seco de 2024, na Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.	26
Figura 10 – Delimitação dos brejos por faixa de altitude	27
Figura 11 – Uso e cobertura da terra nos brejos de altitude da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB	28
Figura 12 – Uso e cobertura da terra nos brejos de altitude por diferentes faixas altimétricas (2024): a) 500 a 600 m; b) 600 a 700 m; c) 700 a 800 m; d) 800 a 900 m; e) 900 a 1.000 m; f) >1.000 m.....	29
Figura 13 – Mudanças no uso e cobertura da terra nos brejos de altitude entre 1994 e 2024.....	30
Figura 14 – Fotografias de áreas de brejo localizadas entre 700 e 800 m: a) Mosaico de usos; b) Mosaico de usos; c) Floresta.....	31
Figura 15 – Fotografia da área de brejo localizada entre 800 e 900 m.....	31
Figura 16 – Fotografias de áreas de brejo localizadas acima de 1000 m: a) Pastagem; b) Mosaico de usos; c) Mosaico de usos; d) Floresta; e) Floresta; f) Floresta.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGNS	Índice espectral de umidade superficial proposto por Nóbrega et al. (2021).
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data.
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
EORC	Earth Observation Research Center.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency.
QGIS	Quantum Geographic Information System.
RGIPI	Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel.
SIG	Sistema de Informações Geográficas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVO GERAL.....	11
1.1.1	Objetivos específicos.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	USO E COBERTURA DA TERRA.....	12
2.2	BREJOS DE ALTITUDE.....	13
2.3	GEOTECNOLOGIAS PARA O ESTUDO DOS BREJOS DE ALTITUDE	14
3	METODOLOGIA.....	15
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2	ASPECTOS AMBIENTAIS DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL.....	16
3.3	DELIMITAÇÃO DOS BREJOS DE ALTITUDE.....	16
3.4	ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS BREJOS DE ALTITUDE UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL.....	19
4.2	IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS BREJOS DE ALTITUDE.....	25
4.3	USO E COBERTURA DA TERRA NOS BREJOS DE ALTITUDE.....	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país continental sobre o qual se apresentam, segundo Ab'Sáber (2003), seis domínios morfoclimáticos e fitogeográficos e zonas de transição. Um desses domínios são as depressões intermontanas e interplanálticas semiáridas, com a predominância do bioma Caatinga. Entretanto, áreas de exceção podem ser encontradas, apresentando características fisiográficas e ecológicas distintas do seu

entorno.

Nesse contexto, a presença de enclaves úmidos e florestados, conhecidos como brejos de altitude, destaca-se como exemplo de ambientes raros e singulares no semiárido brasileiro. Esses brejos se estabelecem em áreas mais elevadas, com solos férteis e maior disponibilidade hídrica, configurando verdadeiros refúgios ecológicos e produtivos. A fertilidade e a umidade tornam essas áreas particularmente atrativas à ocupação humana, sobretudo para a agricultura, mas também mais vulneráveis à degradação, devido à exploração intensiva e ao uso pouco planejado da terra (Ab'Sáber, 2003).

Considerando a potencialidade paisagística e a importância ecológica desses ambientes, especialmente no semiárido, onde o contraste com a Caatinga circundante é notável, torna-se imprescindível investigá-los com profundidade. Essa necessidade se acentua na Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel (RGIPI), localizada na Serra do Teixeira, no semiárido paraibano, onde os brejos de altitude permanecem pouco estudados e raramente documentados. A escassez de registros sistematizados gera lacunas no conhecimento científico, limita ações de conservação e contribui para um uso do território que muitas vezes ignora as múltiplas dimensões – ecológica, econômica, social e cultural – que esses ambientes oferecem.

A problemática que se coloca, portanto, é a seguinte: como compreender e gerir adequadamente os brejos de altitude da RGIPI se há ausência de dados integrados sobre suas características ambientais e sobre as transformações de uso e cobertura da terra que vêm ocorrendo ao longo do tempo? Essa lacuna resulta em um duplo risco: de um lado, o subaproveitamento sustentável das potencialidades locais; de outro, a intensificação da degradação dos solos, da vegetação e da disponibilidade hídrica, elementos já reconhecidos como frágeis.

Nesse cenário, o uso das geotecnologias surge como ferramenta fundamental, permitindo mapear, caracterizar e monitorar esses ambientes por meio da análise integrada de dados ambientais e temporais. Assim, este estudo busca contribuir não apenas para a ampliação do conhecimento científico sobre os brejos de altitude da Região de Princesa Isabel, mas também para subsidiar estratégias de gestão territorial que promovam tanto a conservação quanto o aproveitamento sustentável desses

espaços de exceção.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar de forma integrada os aspectos ambientais e as dinâmicas de uso e cobertura da terra nos brejos de altitude da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel – PB.

1.1.1 Objetivos específicos

- Conhecer aspectos ambientais da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel;
- Identificar e delimitar espacialmente os brejos de altitude;
- Compreender o uso e ocupação da terra nos brejos de altitude entre 1994 a 2024.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 USO E COBERTURA DA TERRA

A humanidade sempre buscou compreender a dinâmica da terra, por diversos motivos e com as tecnologias disponíveis em cada tempo. Essa necessidade provocou avanços teóricos-metodológicos e tecnológicos no campo da ciência geográfica, como se mostra na evolução do pensamento geográfico, especialmente a partir do século XIX com o determinismo geográfico - cujos principais expoentes foram Alexander Von Humboldt, Friedrich Ratzel e Karl Ritter - e suas tentativas incipientes de identificar relações entre sociedade e natureza. Por sua vez, o possibilismo (La Blache) e o método regional (Hartshorne) contribuíram com essa evolução do pensamento desenvolvendo críticas ao pensamento determinista, levando o entendimento a outro patamar, no qual o ser humano é visto como ativo, influencia e sofre a influência do meio. Nos séculos seguintes prossegue tal evolução cada vez mais apoiada em novas tecnologias, com a Nova Geografia e a Geografia Crítica (IBGE, 2013).

O desenrolar histórico desse pensamento foi fornecendo recursos teóricos para a percepção necessária acerca do tema uso da terra. Os conceitos de lugar e espaço, de área e integração e a fundamental importância do conhecimento histórico dos lugares para se poder entender as dinâmicas que transformam o espaço são pilares para o seu estudo, visto que possibilitam o reconhecimento, a identificação, o mapeamento e a análise do uso da terra (IBGE, 2013).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE se debruça sobre a produção de dados de uso da terra desde a década de 1950, com o desenvolvimento de projetos, dentre os quais se destacam o Radam e o Radam Brasil (IBGE, 2013). Outro projeto de destaque, surgido em 2015 a partir de colaborações multi-institucionais, é o MapBiomas Brasil, cuja produção de dados de uso e cobertura da terra, baseado na classificação automática de imagens de satélite em grandes volumes, possui alcances espacial e temporal inéditos sobre os biomas brasileiros (Souza Jr. et al., 2020).

A plataforma MapBiomas Brasil oferece, dentre outros, dados de uso e cobertura da terra sobre todos os biomas brasileiros, de 1985 a 2024 - coleção 10 -, com distinções entre seis macro-classes: Florestas, Vegetação Arbustiva e Herbácea, Agropecuária, Área Não Vegetada, Corpo D'água e Não Observado. Cada macro-classe é detalhada em classes mais específicas, por exemplo: a macro-classe Florestas apresenta as classes Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue, dentre outras. Ao todo, a plataforma disponibiliza dados de 20 classes específicas. Além dos dados brutos de uso e cobertura da terra, a plataforma oferece módulos de análise das mu-

danças entre classes ocorridas ao longo do tempo, que pode ser configurada pelo(a) usuário(a) interativamente (Plataforma - MapBiomass Brasil, s.d.).

2.2 BREJOS DE ALTITUDE

O uso e cobertura da terra é um dado contínuo no espaço e no tempo e representativo das dinâmicas resultantes das relações entre a sociedade e a natureza, as quais se estendem e atuam também sobre as áreas de exceção. Tais áreas são assim denominadas porque são constituídas por elementos morfoclimáticos e ecológicos diferenciados do seu entorno, considerando a área core ou núcleo (Ab'Sáber, 2003).

Segundo Medeiros e Cestaro (2019, p. 7), a maior parte do Nordeste Brasileiro é formada pelos espaços semiáridos, apresentando [...] pluviosidade anual inferior a 800 mm, com um relevo suave ondulado a ondulado, altitudes inferiores a 400 m, solos rasos com pouco ou intermediário desenvolvimento que propicia uma vegetação natural definida por Caatinga(Medeiros; Cestaro, 2019, p. 7).

Portanto, são características de homogeneização da região semiárida, mas que contém, inseridas, áreas heterogêneas em relação a esses componentes físicos, que se diferenciam do seu entorno, às quais são chamadas áreas de exceção (Medeiros; Cestaro, 2019, p. 7).

No semiárido, a escassez hídrica comum à maior parte de sua região impõe muitas dificuldades ao desenvolvimento de atividades fundamentais à manutenção da vida, fazendo com que as áreas de serras úmidas, chamadas de brejo ou abrejados, apresentem uma vocação agrária que atrai a atenção das populações locais. Historicamente essas áreas foram disputadas pelos colonizadores com os indígenas devido às suas potencialidades para a produção agrícola e refúgio nos períodos de seca, uma vez que são constituídas por manchas de florestas tropicais que contrastam com a Caatinga circundante, com ilhas de umidade, propícias à plantação da cana-de-açúcar, explicitando, desde então, a importância econômica dessas áreas (Ab'Sáber, 2003).

A fisiografia dos brejos de altitude é estabelecida através das relações entre o gradiente geomorfológico e o gradiente climático, nas quais as áreas de altitudes nunca abaixo de 500 m o favorecimento à ocorrência de chuvas orográficas confere a esses ambientes características de mesoclima de altitude, o que também modifica as características fitogeográficas (Medeiros; Cestaro, 2019).

Esse cenário, com perfil raro, desperta a atenção para as suas múltiplas potencialidades (turística, agrícola, ecológica) e, portanto, para a geoconservação desses lugares, dada a necessidade elementar do uso racional dos recursos naturais existentes nesse tipo de área de exceção, a exemplo do que ocorre na Unidade de Conservação da Mata do Pau Ferro, localizada no município de Areia - PB, e para isso a tecnologia é uma importante aliada (Barbosa et al., 2017).

2.3 GEOTECNOLOGIAS PARA O ESTUDO DOS BREJOS DE ALTITUDE

O uso de geotecnologias tem sido recorrente em estudos relacionados, em especial, ao uso da terra e consequente identificação de elementos da paisagem e gestão territorial. Barbosa et al. (2017) trazem um exemplo desse uso para a conservação de brejos de altitude, colocando como estudo de caso o Parque Estadual Mata do Pau Ferro, localizado em Areia - PB, região de brejo. A gestão do território a partir de dados e informações geográficas torna-se mais acurada, uma vez que é subsidiada por uma representação da realidade que pode ser analisada e compreendida.

Assim, um aspecto importante a ser analisado nos estudos ambientais é a topografia do relevo. Segundo Paz (2024), esse é um fator que está na base das relações e processos ambientais e suas configurações determinam certas dinâmicas. As geotecnologias contribuem para esse tipo de estudo com a produção e distribuição de dados do relevo a partir do sensoriamento remoto, em formato raster, no qual cada célula apresenta um valor da altitude do relevo e sobre a qual técnicas de geoprocessamento em Sistema de Informações Geográficas podem ser aplicadas para a obtenção de variáveis como a declividade, o aspecto e o sombreamento do relevo.

Um exemplo de produto que oferece esse tipo de dado é o Alos World 3D (EORC; JAXA, 2017), cuja cobertura abrange quase todo o globo terrestre com resolução espacial de 30 m e recobre o período de 2006 a 2011, sendo apontado por Paz (2024) como um Modelo Digital de Superfície de alta qualidade, adequado ao estudo do relevo.

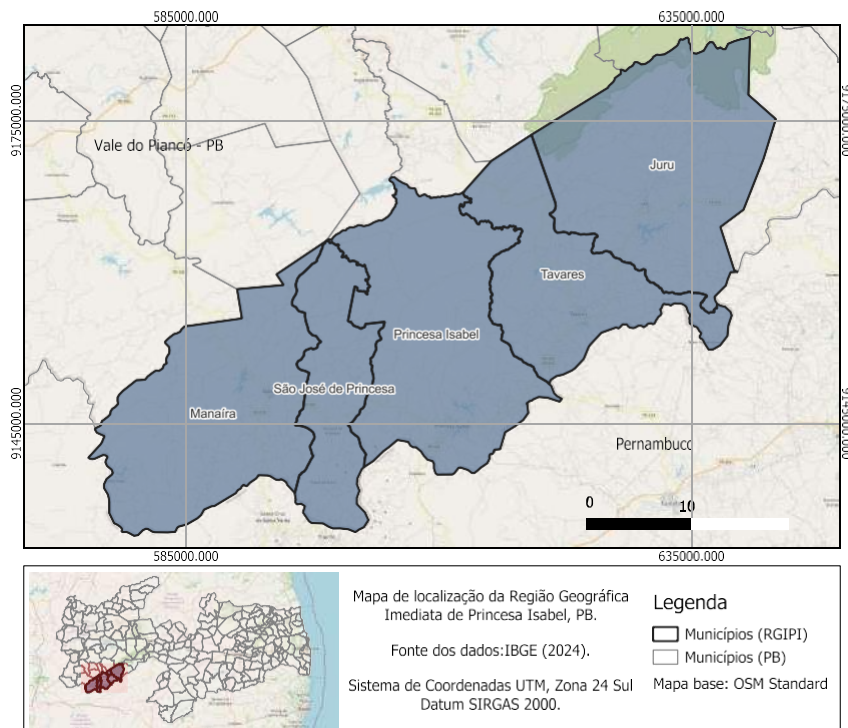
Dessa forma, as geotecnologias foram essenciais para este trabalho porque permitiram integrar, processar e analisar diferentes conjuntos de dados espaciais. O uso de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas ajudou a detalhar os aspectos ambientais, delimitar os brejos de altitude e analisar as mudanças no uso e cobertura da terra durante o período estudado. Isso contribuiu para uma visão mais completa da dinâmica da paisagem. Essas tecnologias também oferecem suporte técnico importante para o planejamento ambiental e a gestão territorial, mostrando seu valor como ferramentas estratégicas para a tomada de decisão e a conservação desses ambientes especiais.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - RGIPI se localiza no sudoeste do Estado da Paraíba (Figura 1), é composta pelos municípios de Juru, Tavares, Princesa Isabel (polo), São José de Princesa e Manaíra, distante a pouco mais de 400 km da capital do Estado. Sua população totalizou aproximadamente 58 mil habitantes, sendo Princesa Isabel o município mais populoso, com 21.114 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 1 – Mapa da localização da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB



Fonte: Elaboração Própria (2025).

Nesse espaço predomina a ocorrência de vegetação savânica arbustiva, o regime pluviométrico oscila em torno de 800 mm/ano, com estações bem definidas em chuvosa (março a julho) e seca (setembro a novembro). As Temperaturas do ar podem variar ao longo do ano entre 12°C, no inverno, e 35°C, no outono. Assentada sobre a Serra do Teixeira, a RGIPI apresenta altitude média de 690 m, sendo o município de São José de Princesa o mais alto, com picos acima de 1000 m; ocorre a presença de afloramentos rochoso e solos, em maior parte, do tipo pedregosos e suscetíveis à degradação (Albuquerque; Lima; Sousa, 2023).

A economia da região é baseada na agropecuária, com o cultivo do milho, mandioca, feijão e diversas frutíferas, e com a criação, principalmente, de bovinos, mas

também de caprinos, suínos e galináceos.

3.2 ASPECTOS AMBIENTAIS DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL

Os aspectos ambientais considerados para a caracterização ambiental são: geologia (CPRM, 2023), pedologia (IBGE, 2022), geomorfologia (EORC; JAXA, 2017), pluviometria (CHIRPS) e uso e ocupação da terra (MapBiomas Brasil – Coleção 10 de 1985–2024).

As rochas existentes na RGIPI, cujos dados foram obtidos junto ao geoportal do Serviço Geológico do Brasil - CPRM; a pedologia diz respeito aos tipos de solo que podem ser encontrados na região, permitindo a identificação de solos férteis, e os dados foram adquiridos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Esses dados, de estrutura vetorial, foram trabalhados no Sistema de Informações Geográficas QGIS. Por sua vez, a geomorfologia, por meio da hipsometria e declividade e aspecto, indica as características do relevo da região e os dados foram obtidos a partir de imagens do satélite ALOS, por meio do processamento digital do produto Alos World 3D (EORC; JAXA, 2017);

De mesmo modo, a pluviometria forneceu informações sobre as dinâmicas de chuvas na região, fator desencadeador de processos ecológicos, e foi obtida a partir das imagens do satélite CHIRPS, por meio do produto Pentad (mm/5 dias); e, por fim, o uso e ocupação da terra foi um revelador das dinâmicas socioambientais-espaciais da região, obtidos junto à plataforma MapBiomas Brasil. Todos esses dados foram trabalhados na plataforma Google Earth Engine.

Considerando a sazonalidade climática, hídrica e comportamental da vegetação, esta caracterização delimitou períodos temporais correspondentes às estações seca e chuvosa a partir da observação da pluviometria, a fim de evitar uma generalização grosseira sobre o comportamento dos elementos ambientais mais dinâmicos ao longo do ano.

3.3 DELIMITAÇÃO DOS BREJOS DE ALTITUDE

Segundo a literatura até então abordada neste trabalho (Ab'Sáber, 2003; Medeiros; Cestaro, 2019), os brejos de altitude estão localizados em altitudes acima de 500 m, a vegetação predominante é diferenciada daquela do entorno, o teor de umidade é mais elevado em sua zona, bem como a pluviometria. Portanto, foram utilizados os dados descritos no tópico anterior, mais o cálculo do índice de umidade utilizando o índice CAGNS, o qual foi proposto por Nóbrega et al. (2021).

O índice CAGNS teve a função de indicar a umidade superficial por meio da estimativa das variações de umidade na vegetação a partir de bandas espectrais do

Sentinel-2, possibilitando diferenciar superfícies mais secas daquelas que apresentam maior teor de umidade, sendo especialmente útil para a identificação de brejos de altitude e outras áreas úmidas no semiárido. Antes de sua aplicação, todas as bandas envolvidas foram reamostradas para 10 m de resolução espacial, garantindo compatibilidade espacial e permitindo maior detalhamento na detecção de umidade em áreas como os brejos. O índice é calculado a partir da combinação linear das bandas visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, conforme apresentado na Equação 1.

$$CAGNS = \frac{(B1 + B3) - (B8 + B11)}{(B1 + B3) + (B8 + B11)} \quad (1)$$

No cálculo, B1 refere-se à banda espectral Coastal/Aerosol (60 m), sensível à baixa reflectância da água; B3 corresponde ao espectro do verde (10 m), sensível à resposta óptica da vegetação e útil para realçar diferenças na reflectância fotossintética; B8 diz respeito ao infravermelho próximo (10 m), vinculado ao vigor e à estrutura foliar; B11, no infravermelho de ondas curtas (20 m), são sensíveis à variação do conteúdo de água, permitindo detectar umidade relativa nos tecidos vegetais. Os comprimentos espectrais centrais das bandas podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 – Características das bandas espectrais utilizadas no cálculo do CAGNS.

Banda	Nome	Faixa espectral	Resolução Espacial
B1	Coastal/Aerosol	443.9 nm (S2A)	60 m
B3	Green	559 nm (S2B)	10 m
B8	NIR	835.1 nm (S2A)	10 m
B11	SWIR 1	1.613 nm (S2A)	20 m

Fonte: ESA, 2015. Org. Elaboração Própria (2025)

De posse dos dados, foi aplicada uma técnica booleana com o objetivo de integrar e sobrepor as faixas de altitude e as áreas permanentemente úmidas. Para isso, foi empregada uma ferramenta de sobreposição de mapas, que possibilitou combinar as camadas, permitindo identificar as áreas de interseção segundo os critérios definidos. A partir desse processo, foi elaborado o mapa-síntese, representando os resultados da integração dos dados, cujo produto final evidenciou a localização e a distribuição dos brejos de altitude presentes na RGIPI. Nesse sentido, a integração de dados geográficos de fontes e campos diversos é uma das vantagens dos Sistemas de Informações Geográficas e isso possibilita uma compreensão da complexidade da realidade (Silva, 2018).

Nesse contexto, a sobreposição de dados geográficos é uma técnica cuja finalidade é promover associação entre classes temáticas similares e/ou diferentes, que resulta na delimitação de zonas sínteses espaciais (Cordeiro; Barbosa; Câmara, 2001),

adequada às situações em que é necessário o cruzamento de dados e/ou informações, como na delimitação dos brejos de altitude.

3.4 ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS BREJOS DE ALTITUDE UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Uma vez identificados e delimitados os brejos de altitude, foi realizada a análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra nessas áreas de exceção. Para isso, foram analisadas as classes de uso e cobertura da terra referentes ao ano de 2024 disponibilizadas pela plataforma MapBiomas Brasil e sobrepostas aos brejos previamente mapeados.

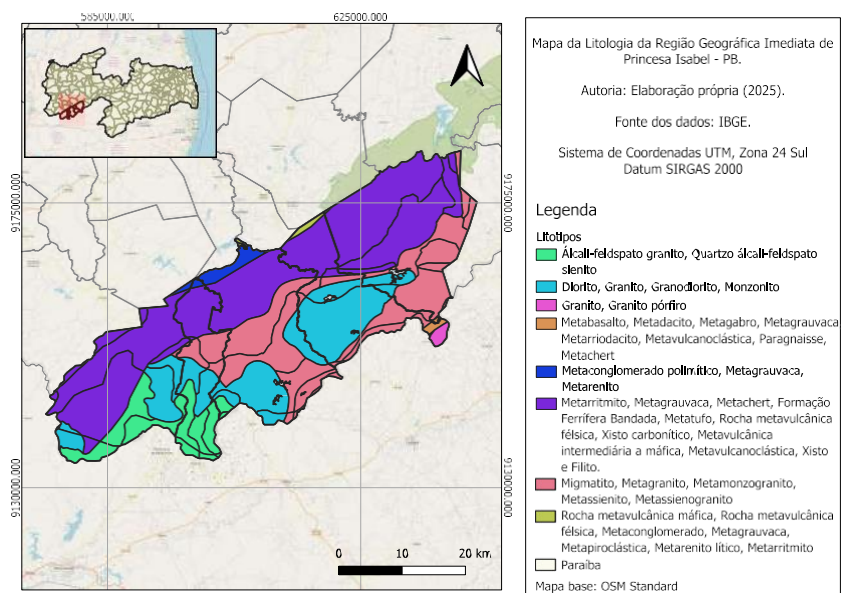
Além disso, procedeu-se a observação das mudanças no uso e cobertura da terra entre 1994 e 2024, contemplando 31 anos de dados, a fim de perceber as dinâmicas existentes por meio da permanência de uma mesma classe ou substituição de uma classe por outra nesse intervalo temporal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL

A caracterização ambiental da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel mostrou que vários atributos naturais influenciam diretamente os processos físicos, ecológicos e socioeconômicos do território. Fatores como geologia, relevo, solo, altitude e clima determinam a dinâmica da paisagem e afetam a distribuição da vegetação, o uso da terra e a presença de áreas úmidas ligadas aos brejos de altitude. Na Figura 2 é apresentado um mapa da litologia que mostra que existem dois grandes domínios litológicos na RGIPI, cada um com características e implicações ambientais próprias.

Figura 2 – Mapa da litologia da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



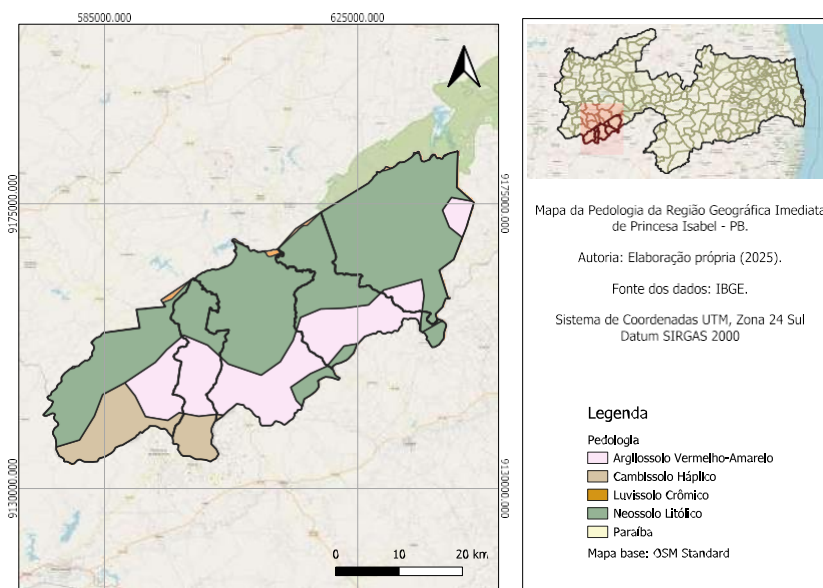
Fonte: Elaboração Própria (2025).

O primeiro grupo litológico, responsável por aproximadamente 23% da área total, é composto por rochas metamórficas e plutônicas de alto grau, como Migmatito, Metagranito, Metamonzogranito, Metassienito e Metassienogranito. Esse conjunto de rochas apresenta elevada resistência mecânica, formando relevos mais elevados, topos robustos e escarpas abruptas. A expressão geomorfológica dessas litologias, observada na figura correspondente, favorece a formação de superfícies com declividades acentuadas, com forte predisposição ao desenvolvimento de Neossolos Litólicos, solos rasos que se estabelecem em ambientes onde a taxa de erosão é superior à capacidade de acúmulo de material. Esses contextos morfológicos são recorrentes nas serras situadas ao sul da região, especialmente próximas aos municípios de São José

de Princesa e Manaíra.

O segundo grupo litológico cobre cerca de 45% da RGIPI e tem uma variedade maior de tipos de rochas, como Metarritmito, Metagrauvaca, Metachert, Formação Ferrífera Bandada, Metatufo, rochas metavulcânicas de várias composições, Xisto carbonático, Metavulcanoclástica, Xisto e Filito. Xistos e Filitos, que são rochas metamórficas com foliamento bem definido, deixam esse grupo mais vulnerável à erosão diferencial. Como essas rochas têm estrutura em lâminas, elas se desgastam e se fragmentam mais facilmente, o que ajuda a formar solos mais profundos, como Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos. Esses solos têm maior potencial agrícola porque o horizonte superficial é mais espesso e retém melhor a água, como mostra a Figura 3, sobre a pedologia da região.

Figura 3 – Mapa da pedologia da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



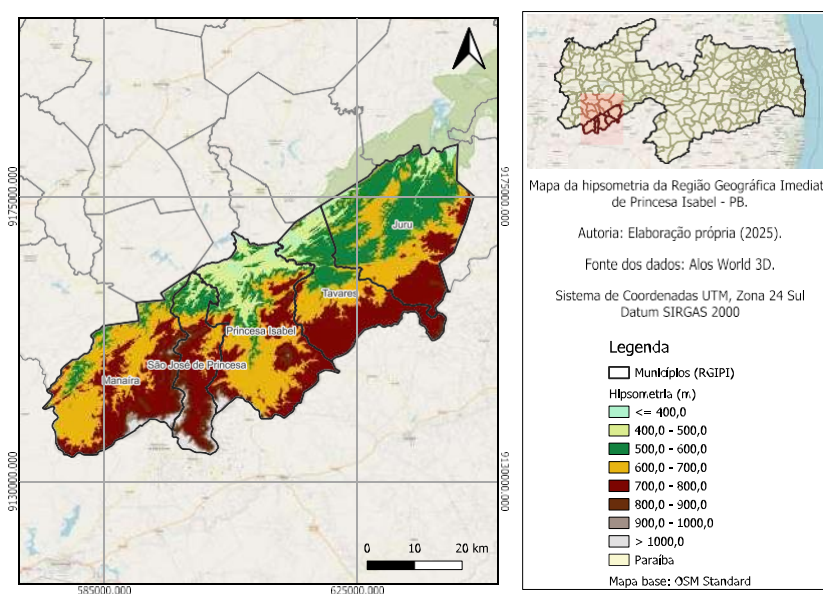
Fonte: Elaboração Própria (2025).

A distribuição dos solos na RGIPI mostra como o tipo de rocha influencia a formação do solo. Os Neossolos Litólicos são os mais comuns e se estendem por cerca de 64% da área. Eles são rasos, altamente pedregosos, retêm pouca água e têm alto risco de erosão, principalmente em áreas com inclinação acima de 20%. Isso acontece porque predominam relevos recortados e rochas resistentes, típicos do semiárido cristalino. Os Argissolos Vermelho-Amarelos ocupam 26% da área, e concentram-se especialmente em regiões menos acidentadas, perto das sedes municipais e em áreas mais estáveis. Por serem mais profundos e bem estruturados, esses solos são melhores para a agricultura e costumam ser usados para plantar milho, feijão e mandioca, culturas comuns na agricultura familiar da região. Por outro lado, em áreas de altitudes elevadas e terrenos inclinados, principalmente ao sul de Manaíra e São José de Princesa, é comum encontrar Cambissolos Hápticos. Esses solos têm

profundidade intermediária e se formam onde a erosão rápida impede o acúmulo de material.

A presença desses solos mostra a forte dinâmica geomorfológica dos topos de serras e encostas íngremes da região. Esses locais são ecologicamente importantes, pois constituem as bases altimétricas dos brejos de altitude, áreas úmidas e raras no semiárido. A hipsometria mostrada na Figura 4 demonstra que a RGIPI tem grande variedade de altitudes. Predominam altitudes entre 600 e 900 metros, mas há um contraste claro: cerca de 70% das cotas ao sul passam de 700 metros, enquanto as do norte, que ocupam 30% da região, ficam abaixo de 600 metros. Esta discrepância altimétrica exerce grande influência sobre os processos climáticos locais, principalmente sobre a distribuição das chuvas e os padrões de umidade do ar, por influência da chuva orográfica. Estudos clássicos sobre brejos de altitude (De Medeiros; Cestaro, 2020; Marques et al., 2014) destacam que essas áreas aparecem em zonas altas do semiárido, onde a altitude cria condições microclimáticas especiais.

Figura 4 – Hipsometria da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



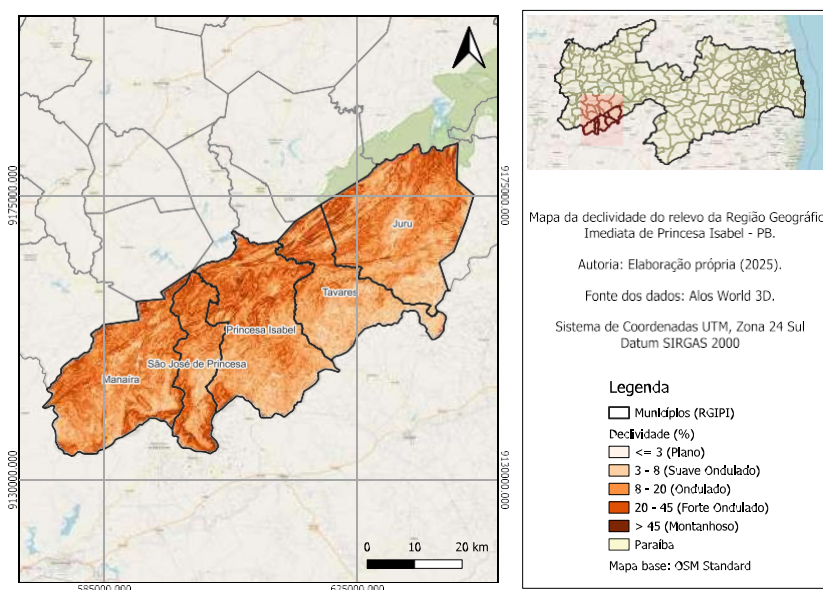
Fonte: Elaboração Própria (2025).

No que diz respeito à declividade, a Figura 5 reforça que grande parte da RGIPI tem inclinações entre 8% e 20%, o que indica um relevo principalmente ondulado. Entretanto, também há áreas com declividades acima de 45%, formando trechos mais acidentados (forte-ondulados), montanhosos e com escarpas. Essas características aumentam os processos erosivos e ajudam na formação dos Neossolos predominantes, além de influenciar a dinâmica da água na superfície, com escoamento concentrado e pouca infiltração em vários pontos.

Em relação aos padrões climáticos, a análise da pluviometria acumulada entre 2014 e 2024, representada no gráfico da Figura 6, revela o comportamento do clima

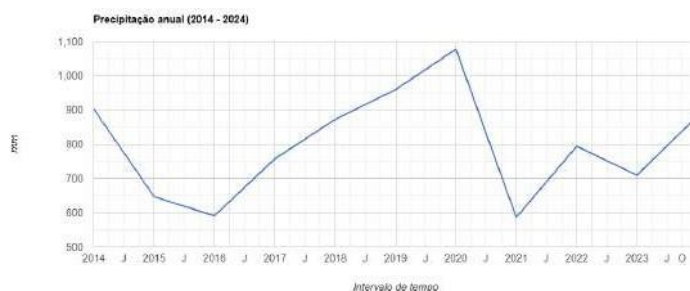
da RGIPI nos últimos dez anos. No período entre 2014 e 2016, houve uma forte estiagem. Em 2016, a precipitação anual ficou abaixo de 600 mm (valor mais baixo da série temporal), indicando a gravidade da seca. A partir de 2017, a chuva aumentou gradualmente, chegando ao maior volume em 2020, com mais de 1050 mm. Esse pico pluviométrico reforça a influência das chuvas orográficas nas áreas mais elevadas em reter água e manter a vegetação verde por mais tempo.

Figura 5 – Declividade do relevo da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



Fonte: Elaboração Própria (2025).

Figura 6 – Série temporal da pluviometria da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel, de 2014 a 2024.



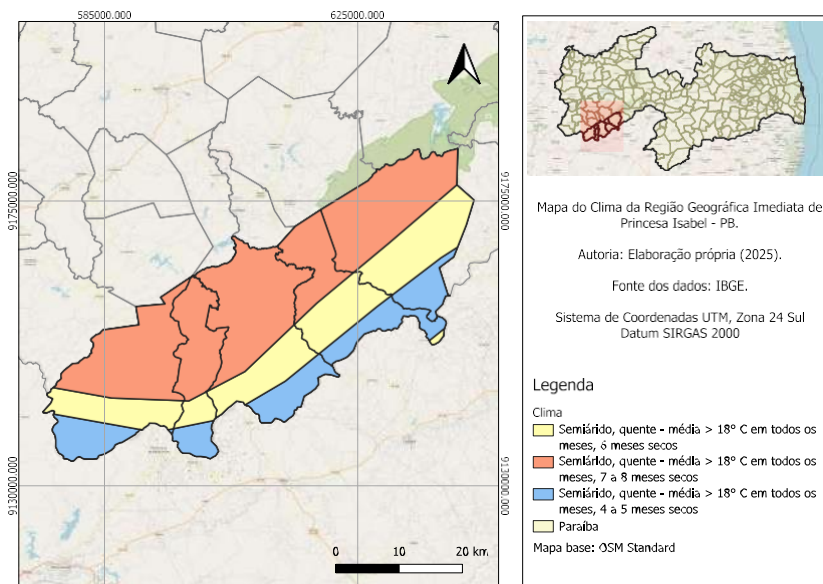
Fonte: Elaboração Própria (2025).

Após esse período mais úmido, 2021 apresentou outra queda significativa, com cerca de 600 mm de chuva. Nos anos seguintes, de 2022 a 2024, o padrão foi instável: com uma recuperação parcial em 2022, uma redução em 2023 e um novo aumento em 2024, que chegou a cerca de 880 mm até outubro. Essas variações mostram o regime

de chuvas típico do semiárido, que é muito influenciado por mudanças de ano para ano, sistemas atmosféricos passageiros e microclimas associados ao relevo.

Quanto ao clima, o que predomina na Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel (RGIPI) enquadra-se na categoria semiárido, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo de todo o ano, superiores a 18 °C, e pela forte sazonalidade da precipitação. A região apresenta variações significativas quanto à distribuição das chuvas, o que resulta em diferenças na intensidade da estação seca entre os municípios. Essas diferenças são representadas nas três faixas climáticas observadas no mapa (Figura 7), todas descritas como semiáridas, porém com durações distintas do período de estiagem.

Figura 7 – Mapa do Clima da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB



Fonte: Elaboração Própria (2025).

A primeira faixa climática corresponde ao semiárido com 4 a 5 meses secos, sendo a menos árida entre as três zonas identificadas. Nessa área, a estação chuvosa é relativamente mais longa e melhor distribuída ao longo do ano, o que proporciona uma maior disponibilidade hídrica em comparação às demais faixas. Essa condição favorece o desenvolvimento da vegetação nativa e confere maior potencial agrícola, ainda que limitado pela irregularidade das chuvas característica do semiárido. Trata-se da porção climática de transição dentro da RGIPI, onde os impactos da estiagem são menos acentuados.

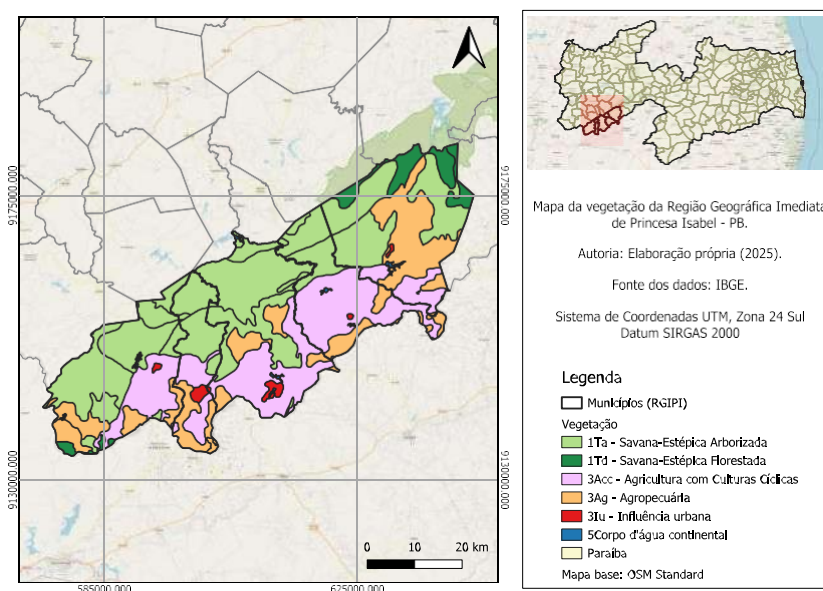
A segunda faixa tem clima semiárido, com seis meses de seca, representando o regime climático mais típico da região. Nessa área, metade do ano tem baixos índices pluviométricos ou ausência de chuvas, enquanto a estação chuvosa é curta e intensa. As chuvas são irregulares no tempo e no espaço, o que aumenta o risco de perdas na agricultura e pressiona os sistemas ambientais que dependem da recarga hídrica. A

vegetação nessa faixa mostra adaptações claras à seca, refletindo o maior estresse hídrico.

A terceira faixa corresponde ao semiárido, onde há de sete a oito meses secos, sendo a área com maior déficit hídrico. A estação chuvosa é curta, com cerca de três meses, e com grande instabilidade anual. Nessas condições, predominam espécies vegetais muito adaptadas à seca (xerófilas), com estruturas e funções que ajudam a sobreviver longos períodos sem chuva. Esse clima extremo limita o uso do solo, dificulta a agricultura sem irrigação e favorece paisagens mais áridas. Trata-se, portanto, da área mais vulnerável do RGIPI, tanto ambiental quanto socioeconomicamente.

Refletindo essas condições climáticas, a caracterização da vegetação da RGIPI, observada na Figura 8, que apresenta o mapa de tipologias vegetais, revela o predomínio de formações savânicas estépicas, tanto arborizadas quanto florestadas, representadas em tons de verde. Essas formações correspondem a diferentes estratos da Caatinga, com variações estruturais controladas por fatores edáficos, climáticos e altimétricos. As tipologias de savana-estépica arborizada predominam nas porções centrais e setentrionais, enquanto a savana-estépica florestada ocorre sobretudo nos setores mais elevados, onde a umidade relativa é maior.

Figura 8 – Mapa da vegetação da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



Fonte: Elaboração Própria (2025).

Nas áreas onde a vegetação permanece mais conservada, é evidente o domínio de espécies xerófilas, com adaptações marcantes à escassez hídrica. A vegetação xerófila típica da Caatinga apresenta folhas reduzidas ou modificadas em espinhos, troncos suculentos com capacidade de estocagem de água e raízes profundas capazes de acessar reservatórios subterrâneos. Esses mecanismos fisiológicos permitem às plantas sobreviverem a longos períodos de estiagem e responderem rapidamente

quando há disponibilidade hídrica, como descrevem Medeiros e Cestaro (2020).

As áreas de maior altitude, onde ocorrem os brejos de altitude, apresentam uma vegetação mais densa, com espécies que dependem de maior umidade e cujas características se diferenciam da Caatinga estritamente xerófita, representando verdadeiros refúgios úmidos inseridos em um contexto árido, como discutido por Marques et al. (2014) e Barbosa et al. (2017).

Toda essa caracterização ambiental demonstra que a RGIPI constitui um território marcado por forte variabilidade litológica e geomorfológica, grande heterogeneidade altimétrica e intensa sazonalidade climática. Esses elementos estruturam os ambientes naturais da região e desempenham papel determinante na ocorrência dos brejos de altitude.

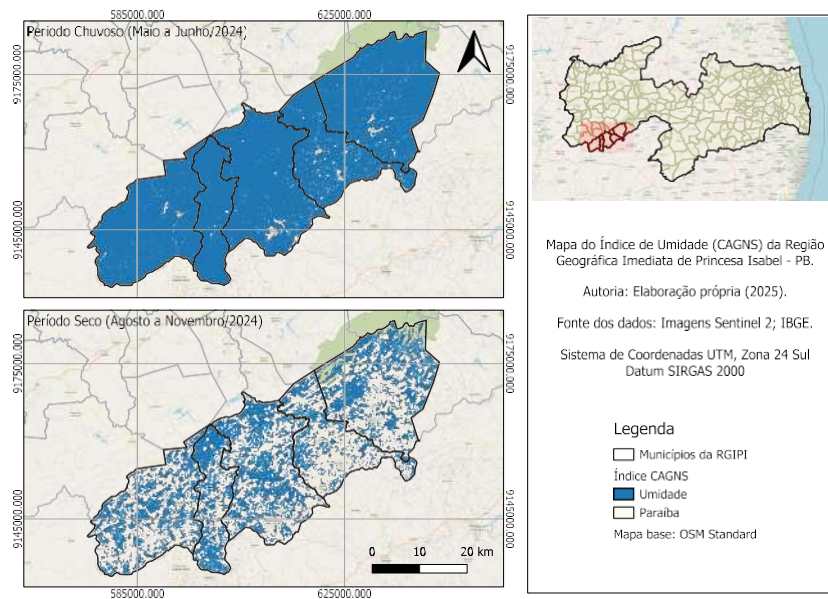
4.2 IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DOS BREJOS DE ALTITUDE

A identificação dos brejos de altitude na RGIPI baseou-se a partir da combinação de dados altimétricos e indicadores espectrais de umidade, como mostram as figuras de índices e faixas altimétricas. Esse método segue as recomendações metodológicas propostas por Souza (2021), que sugere usar índices multiespectrais junto com modelos digitais de elevação para encontrar refúgios úmidos no semiárido nordestino.

A análise inicia-se com a aplicação do índice CAGNS (Nóbrega et al., 2021), desenvolvido para realçar áreas úmidas ou vegetação densa a partir da combinação entre bandas do Sentinel-2. O índice foi calculado tanto para o período chuvoso quanto para o período seco de 2024, permitindo identificar áreas que permanecem úmidas mesmo durante a estiagem.

A Figura 9 correspondente ao período chuvoso, demonstra forte resposta nas áreas elevadas, onde o verde intenso indica altos valores de umidade e maior vigor vegetativo, reflexo da chuva orográfica que se concentra nos topos serranos. Durante o período seco, embora a intensidade da vegetação diminua, as áreas com valores sustentados do índice revelam umidade residual, característica desses refúgios hídricos naturais.

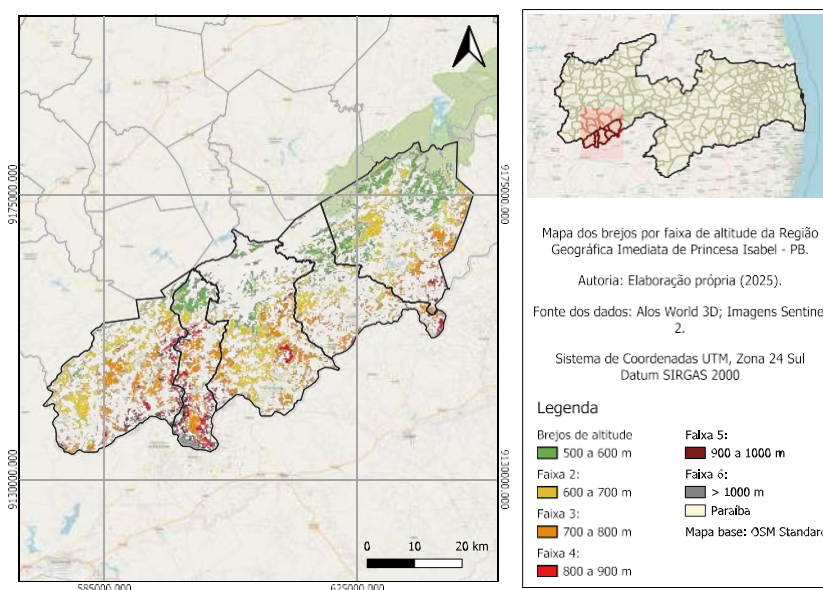
Figura 9 – Índice de umidade nos períodos chuvoso e seco de 2024, na Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.



Fonte: Elaboração Própria (2025).

Em paralelo, foram elaboradas máscaras altimétricas baseadas em intervalos de 100 metros, desde cotas inferiores a 500 metros até áreas acima de 1000 metros. Essa estratificação possibilita analisar a distribuição espacial dos brejos de altitude de forma detalhada, especialmente considerando que, conforme a literatura, esses ambientes tendem a ocorrer preferencialmente entre 600 e 900 metros, com algumas exceções acima de 1000 metros (Medeiros; Cestaro, 2020). A Figura 10 que apresenta essas faixas demonstra que grande parte dos topos serranos da RGIPI encontra-se em cotas acima de 700 metros, o que reforça o potencial para ocorrência de brejos.

Figura 10 – Delimitação dos brejos por faixa de altitude.



Fonte: Elaboração Própria (2025).

A combinação entre o índice CAGNS do período seco e o do período chuvoso permite sobrepor as áreas que permanecem úmidas ao longo do ano. Quando essas áreas são cruzadas com as diferentes faixas de altitude, obtém-se mapas dos brejos por altitude, mostrados nas figuras para as faixas de 500 a 600 m, 600 a 700 m, 700 a 800 m, 800 a 900 m, 900 a 1000 m e acima de 1000 m. Esses mapas revelam que os brejos de altitude da RGIPI estão concentrados principalmente entre 700 e 900 metros, com maior densidade nas serras de Tavares, São José de Princesa e no sudoeste de Manaíra.

Os brejos acima de 1000 metros constituem uma excepcionalidade, não apenas regional, mas também dentro do conjunto dos brejos nordestinos. Essa faixa altimétrica apresenta áreas úmidas restritas, porém ambientalmente significativas, por abrigarem formações vegetais mais densas e condições microclimáticas ainda mais úmidas, resultado de menor evapotranspiração potencial e maior aporte de precipitação oculta, como descrito por Marques et al. (2014). Esses setores apresentam maior aptidão agrícola, solos mais profundos e maior preservação da vegetação nativa quando comparados às áreas de menor altitude.

Nesse sentido, as figuras que apresentam os padrões de umidade entre períodos chuvoso e seco demonstram a resiliência hídrica desses ambientes. Nos brejos, a vegetação mantém uma cor mais viva durante a seca, indicando maior disponibilidade de água no solo. Este fenômeno contrasta com o entorno semiárido, onde predominam tons secos ou avermelhados. Essa diferença mostra como os brejos são refúgios ambientais, capazes de manter uma biodiversidade única e pequenas áreas produtivas, mesmo quando o resto da paisagem sofre com a estiagem.

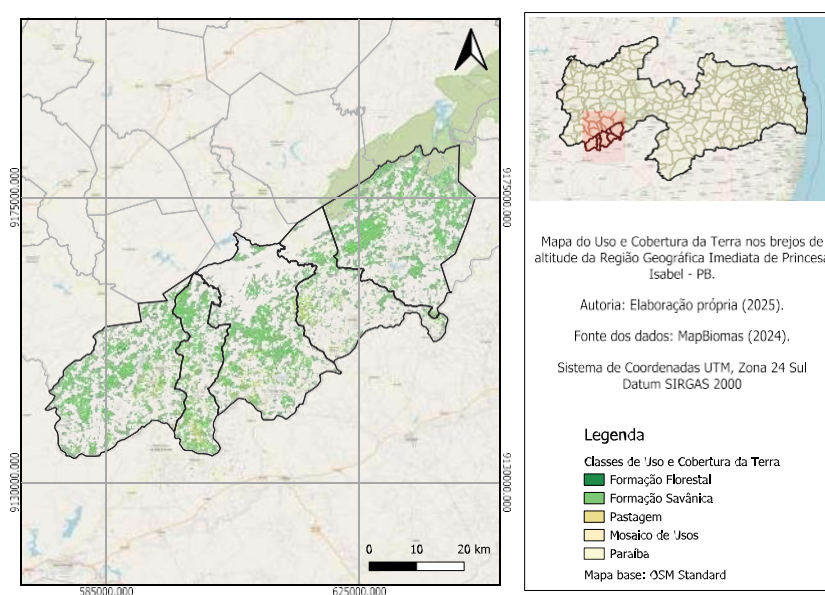
Além do papel ecológico, os brejos têm relevância socioeconômica, pois histo-

ricamente foram utilizados como áreas agrícolas de alta produtividade, especialmente para cultivos alimentares. A literatura destaca que comunidades rurais instaladas próximas a brejos dependem desses ambientes para atividades agrícolas de subsistência, devido à maior disponibilidade de água e solos mais férteis (SANTOS et al., 2019), essa relação é confirmada na RGIPI.

4.3 USO E COBERTURA DA TERRA NOS BREJOS DE ALTITUDE

A análise do uso e cobertura da terra na RGIPI, tanto no território geral quanto nos brejos de altitude, mostra padrões que resultam da interação entre fatores naturais e ações humanas. A Figura 11, que apresenta o uso e cobertura da terra, destaca a predominância de vegetação nativa, principalmente savanas estépicas arborizadas e florestadas, além de indicar uma presença importante de atividades agropecuárias espalhadas pelo território.

Figura 11 – Uso e cobertura da terra nos brejos de altitude da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - PB.

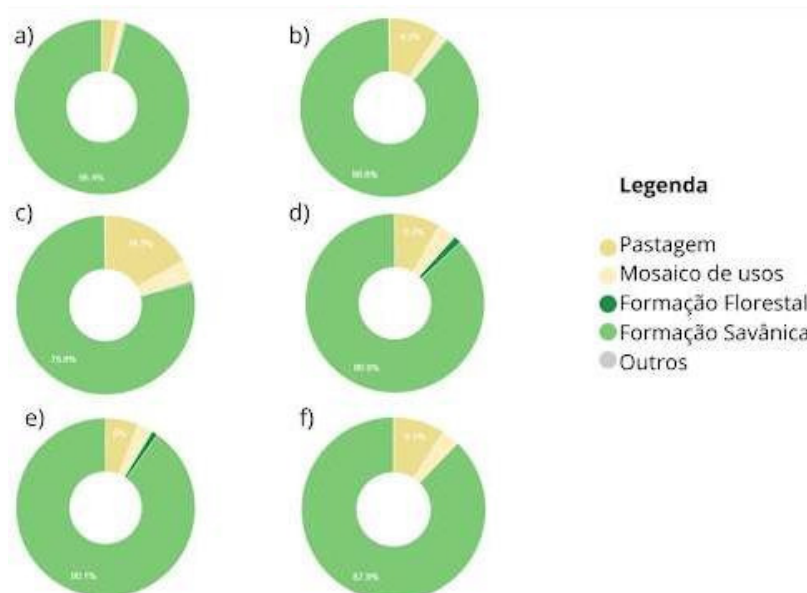


Fonte: Elaboração Própria (2025).

Entretanto, especificamente nos brejos de altitude, o uso da terra tem características próprias. A maior disponibilidade de água e solos mais profundos facilita a agricultura, principalmente a familiar, que é a base econômica dos municípios analisados. Os brejos são conhecidos como áreas tradicionais de produção agrícola e são frequentemente chamados de “ilhas férteis” em meio ao semiárido (Marques et al., 2014; Santos et al., 2019). A esse respeito, a Figura 12 que apresenta o uso da terra por faixa de altitude mostra que a agricultura se concentra principalmente entre 600 e 900 metros. Nessas faixas, a combinação de altitude moderada, mais umidade e solos profundos favorece a produção agrícola. Essas áreas são muito usadas para cultivos

de ciclo curto, como milho, feijão e mandioca, que formam a base da alimentação das comunidades locais e sustentam a economia agrícola da região.

Figura 12 – Uso e cobertura da terra nos brejos de altitude por diferentes faixas altimétricas (2024): a) 500 a 600 m; b) 600 a 700 m; c) 700 a 800 m; d) 800 a 900 m; e) 900 a 1.000 m; f) >1.000 m.



Fonte: MapBiomias (2024).

No entanto, a faixa acima de 1000 metros, embora mais limitada, se destaca como uma exceção importante entre os brejos nordestinos. As análises indicam que essas áreas têm uso agrícola menos intenso, mas ainda relevante, formando uma situação rara: agricultura em um ambiente já excepcional por sua alta umidade e altitude extrema para o semiárido. Esse padrão é semelhante ao observado por Barbosa et al. (2017) ao estudarem o Brejo de Areia-PB, onde as áreas mais altas apresentaram características ecológicas únicas ligadas a práticas agrícolas antigas.

Neste contexto, Figura 13, que mostra as mudanças no uso e cobertura da terra entre 1994 e 2024, destaca transformações importantes nos brejos. É possível ver áreas que permaneceram estáveis, como setores de vegetação nativa que resistiram às pressões humanas, e outras que foram convertidas para a agricultura. Esse padrão segue a tendência apontada por Santos et al. (2019), que descrevem os brejos como ambientes muito valorizados para a produção agrícola e frequentemente sujeitos à expansão de áreas cultivadas para atender à demanda produtiva local.

Figura 13 – Mudanças no uso e cobertura da terra nos brejos de altitude entre 1994 e 2024.

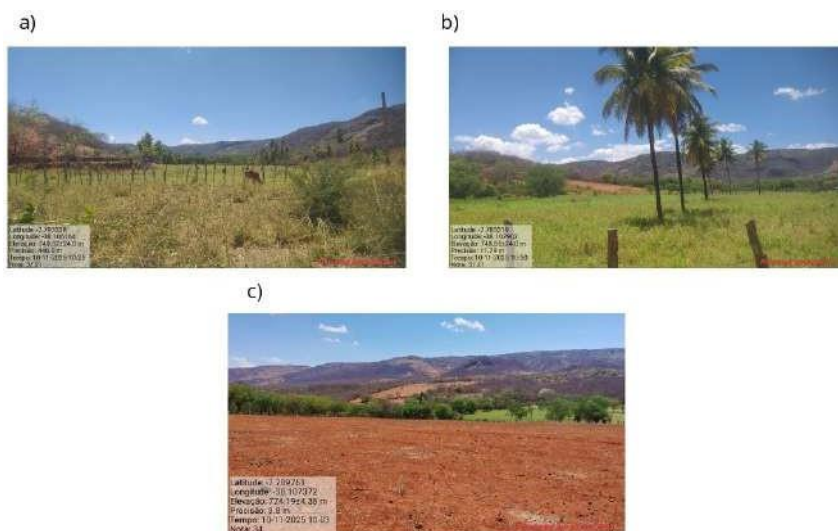


Fonte: MapBiomass (2024).

Em um detalhamento da análise, o cruzamento das áreas úmidas identificadas pelo índice CAGNS com as classes de uso e cobertura da terra apresenta um mapeamento detalhado do uso atual dos brejos. A vegetação nativa ainda ocupa uma parte importante, principalmente nas áreas mais altas e nas bordas dos brejos, onde a inclinação do terreno e o tipo de solo dificultam a agricultura. Por outro lado, nas áreas mais planas ou suavizadas dentro dos brejos, a agricultura se destaca como a classe predominante, refletindo a aptidão natural dessas áreas e sua importância para a agricultura familiar regional.

Na faixa altimétrica de 700 a 800 metros, as imagens de campo confirmam o padrão identificado no mapa de uso e cobertura da terra, no qual a floresta predomina com 78,8%, enquanto a área de pastagem representa 16,7%. A Figura 14 (a) e (b) evidenciam mosaicos que reforçam o uso misto típico dessa faixa. Já a Figura 14 c) demonstra a presença expressiva de floresta nativa, especialmente nas encostas mais úmidas, validando a forte associação desta altitude aos brejos de altitude.

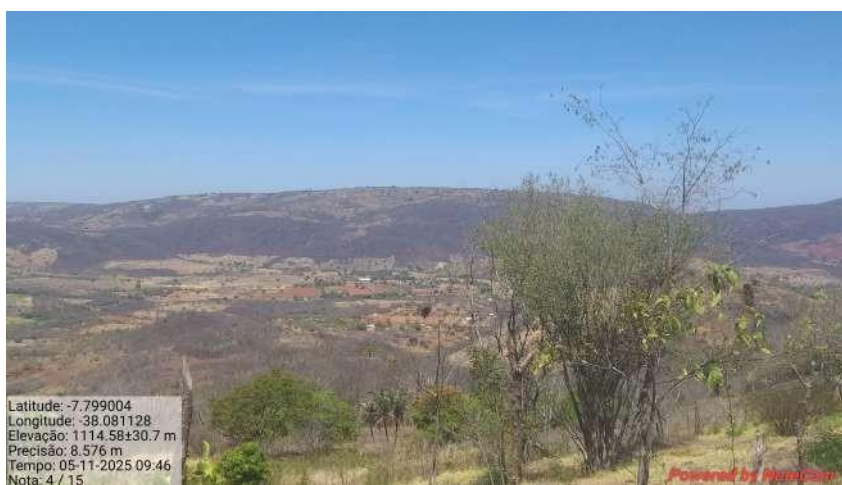
Figura 14 – Fotografias de áreas de brejo localizadas entre 700 e 800 m: a) Mosaico de usos; b) Mosaico de usos; c) Floresta.



Fonte: Acervo da autora (2025).

Entre 800 e 900 metros, o padrão observado nos gráficos e mapas é reforçado pelas imagens de campo, que mostram o predomínio quase absoluto de cobertura florestal (86,9%) e uma participação reduzida de pastagem (8,3%). A Figura 15 ilustra áreas densamente florestadas, típicas de brejos de altitude com maior disponibilidade hídrica. A forte expressão da vegetação nessa faixa coincide com os altos valores do índice CAGNS no período chuvoso e com a manutenção relativa da umidade no período seco. Assim, a validação em campo reforça que essa faixa altimétrica concentra os brejos mais desenvolvidos da RGIPI.

Figura 15 – Fotografia da área de brejo localizada entre 800 e 900 m

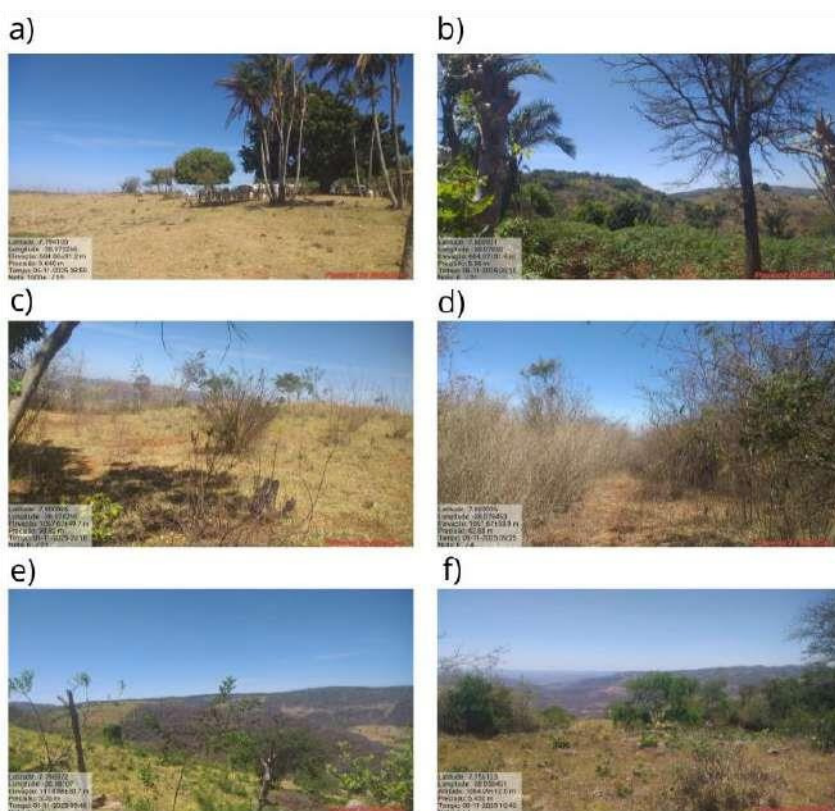


Fonte: Acervo da autora (2025).

Acima de 1000 metros, as observações de campo confirmam o padrão de excepcionalidade visto nos mapas, a floresta predomina (87,8%) e a pastagem aparece

em menor proporção (9,1%). As Figuras 16 (a), (b) e (c) mostram áreas de pastagem e mosaicos em regiões mais abertas, indicando usos agrícolas pontuais. Por outro lado, as Figuras 16 (d), (e) e (f) mostram a alta densidade de floresta, que combina com o clima mais úmido e as temperaturas mais baixas dessas altitudes. Esses dados reforçam o caráter único dos brejos acima de 1000 metros, que, mesmo sendo áreas pequenas, têm vegetação mais densa e solos mais profundos, como discutido por Medeiros e Cestaro (2020) e Marques et al. (2014).

Figura 16 – Fotografias de áreas de brejo localizadas acima de 1000 m: a) Pastagem; b) Mosaico de usos; c) Mosaico de usos; d) Floresta; e) Floresta; f) Floresta.



Fonte: Acervo da autora (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos neste estudo foram plenamente alcançados, permitindo responder de forma satisfatória ao questionamento da pesquisa. A integração das diferentes análises possibilitou compreender a dinâmica ambiental da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel, e o papel desempenhado pelos brejos de altitude, evidenciando sua importância ecológica, hidrológica e socioeconômica no contexto do semiárido.

A análise dos produtos gerados ao longo da pesquisa mostram de forma clara a paisagem da RGIPI e destaca o papel dos brejos de altitude na dinâmica ambiental da região. As representações das características físicas revelam como fatores como tipo de rocha, solo, altitude, clima e inclinação do terreno moldam o território e criam condições específicas para o surgimento dos brejos. A combinação de altitudes elevadas, solos mais profundos e a chegada de ar úmido resulta em áreas úmidas únicas no semiárido, como mostram os mapas de umidade dos períodos de chuva e seca. Neste sentido, a análise da pluviometria permitem entender como se dá a relação entre o clima regional e o comportamento dos brejos. A variação de chuva acontece anualmente, com períodos de seca e de recuperação, o que impacta a vegetação e a disponibilidade hídrica. A comparação entre períodos secos e chuvosos evidencia que os brejos mantêm alta umidade mesmo durante a estiagem, atuando como reservatórios naturais, abastecidos tanto pela precipitação direta quanto pela precipitação oculta.

Assim, o estudo do uso e cobertura da terra, junto com a análise por faixa altimétrica, evidenciam que os brejos são muito usados para agricultura, principalmente entre 600 e 900 metros de altitude. As áreas acima de 1000 metros são exceções e têm grande valor ecológico e socioeconômico.

No entanto, é importante reconhecer que uma das limitações do estudo está relacionada ao baixo detalhamento espacial dos dados de solo e das rochas, disponibilizados pelo IBGE e pela CPRM, respectivamente. Essa limitação pode influenciar a representação mais precisa de algumas feições ambientais, especialmente em áreas onde a transição entre unidades é mais sutil. Por outro lado, destaca-se que os dados de uso e cobertura da terra do MapBiomas se mostraram assertivos durante a validação de campo, reforçando sua confiabilidade para estudos ambientais na RGIPI.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras testem outros índices de água e umidade, considerando a ampla diversidade disponível na literatura, cada um com características específicas que podem trazer contribuições distintas para a compreensão da dinâmica dos brejos de altitude. A incorporação desses índices pode ampliar a precisão das análises e oferecer novos caminhos interpretativos para o comportamento

hidrológico dessas áreas únicas no semiárido.

REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Albuquerque et al. Técnicas de geoprocessamento no suporte à análise da seca na microbacia do açude Jatobá II. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 27–33, 2015. DOI: <<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3756>>.
- Albuquerque, E. M. de; Lima, E. R. V. de; Sousa, M. F. B. de. Proposta metodológica de avaliação da suscetibilidade à degradação ambiental. **Sociedade & Natureza**, v. 35, e67360, 2023. DOI: <10.14393/SN-v35-2023-67360>.
- Barbosa, E. T. G.; Marques, A. L.; Neri, U. D. B.; Barbosa, E. S.; Oliveira, J. D. Geoconservação em brejos de altitude: o Parque Estadual Mata do Pau Ferro. **Nature and Conservation**, v.10, n.1, p.1-16, 2017. DOI: <<http://doi.org/10.6008/SPC2318-2881.2017.001.0001>>.
- Cordeiro, J. P; Barbosa, C; Câmara, G. Álgebra de mapas. In: Câmara, G; Davis C; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 8-26. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livrod/introd/>>. Acesso em: 03 março de 2025.
- EORC - Earth Observation Research Center; JAXA - Japanese Aerospace Exploration Agency. **ALOS Global Digital Surface Model (DSM): "ALOS World 3D-30m"(AW3D30) Dataset**. Online, 2017. Disponível em: <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/aw3d30v11_format_e.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Bacias hidrográficas do Brasil - BHB250**: documentação técnica. v. 2021.09.24. Rio de Janeiro: online, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3d87216f-e45e-41d8-9837-074c1608fb1e/attachments/Documentacao_Tecnica_BHB250.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico Brasileiro**. 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/>>. Acesso em 24 fev. 2025.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Online: IBGE, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=281615&view=detalhes>>. Acesso em: 19 fev. 2025.
- Leonardo et al. Sensoriamento Remoto Aplicado na Geoespacialização do Reservatório Poço da Cruz - PE e seu Entorno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n.06, 3592–3607, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3614-3629.

McFeeters, S. K. The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17, p. 1425–1432, 1996.

Medeiros, J. F.; Cestaro, L. A. As diferentes abordagens utilizadas para definir brejos de altitude: áreas de exceção do Nordeste brasileiro. *Sociedade e Território*, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 97–119, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/16096>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

Nóbrega, M. R. R. et al. Índice de Água por Diferença Normalizada para o monitoramento de seca em açudes no semiárido do Nordeste Brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte: ABRHidro, 2021.

Paz, A. R. da. **Modelos Digitais de Elevação para estudos ambientais**. Porto Alegre: ABHidro, 2024.

Mapbiomas. **Mapbiomas v. 9.0**. S.d. Plataforma - Mapbiomas Brasil. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

Marques, A. L. da Silva; Janaina Barbosa da; Danielle, G. A.; Rufino, S. do. Refúgios úmidos do Semiárido: um estudo sobre o brejo de altitude de Areia-PB. *GeoTemas. Pau dos Ferros, RN*, v. 4, n. 2, p. 17–31, jul./dez. 2014.

Santos, J. N. B.; Fonseca, N. C.; Barbosa, A. J. S.; Araujo, W. N. B. S.; Sobrinho, L. F. S.; Ferreira, S. A. Uso e ocupação do solo de Areia-PB em cenário de exploração do brejo de altitude. *Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)*, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. X–Y, 2019. DOI: 10.30969/acsa.v14i4.1039.

Silva, A. de B. **Análise quantitativa espacial: conceitos e métodos**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

Souza, G. M. e. Modelagem ambiental para a delimitação de brejos de altitude com estudo de casos para os maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição. *GeoUECE*. Fortaleza, v. 12, n. 22, p. 295–316, 2022. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/6974>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

Souza Jr. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sens.* 2020, 12, 2735. DOI: <10.3390/rs12172735>.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Princesa Isabel - Código INEP: 25282930
	Br 426, S/N, Zona Rural / Sítio Barro Vermelho, CEP 58755-000, Princesa Isabel (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0007-60 - Telefone: (83) 3065.4901

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC - Versão final

Assunto:	TCC - Versão final
Assinado por:	Nicolle Marques
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Nicolle Ohana Alves Marques, DISCENTE (202324010005) DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL - PRINCESA ISABEL, em 12/02/2026 10:40:03.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1765251
Código de Autenticação: 4da9f8d635

