
CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E DA COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO POTI (CEARÁ E PIAUI)

Karoline Veloso **RIBEIRO**

Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Federal do Ceará
E-mail: karolveloso@alu.ufc.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2697-6098>

Emanuel Lindemberg Silva **ALBUQUERQUE**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí
E-mail: lindemberg@ufpi.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3051-3301>

Antônio Jeovah de Andrade **MEIRELES**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará
E-mail: antoniomeireles4@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0464-2863>

Histórico do Artigo:

Recebido

Março de 2023

Aceito

Junho de 2023

Publicado

Junho de 2023

Resumo: Esse estudo objetivou caracterizar as variáveis ambientais e socioeconômicas (uso e cobertura da terra) da bacia hidrográfica do rio Poti (BHRP), com o intuito de contribuir com o desenvolvimento de políticas públicas que tratem do uso, manejo, recuperação, preservação e conservação dos sistemas naturais. Os dados coletados foram analisados por meio de abordagem quali-quantitativa, sendo a caracterização ambiental fundamentada na abordagem sistêmica. Foi possível definir as unidades litoestratigráficas datadas do Paleoneoarqueano ao Cenozoico, com predomínio de rochas das Províncias Parnaíba e Borborema. Com relação às Unidades Morfológicas, ganharam destaque os relevos: Padrão em Patamares, Padrão em Formas Tabulares, Padrão em Morros, Planícies Fluviais, Padrão em Planalto/Glint, Superfície Sertaneja e Maciços Cristalinos. Em relação ao clima, constatou-se condições de transição entre o clima Semiárido, à leste, gradando, para oeste, às condições de maior

Revista Equador (UFPI), Vol. 12, Nº 1, Ano, 2023, p. 173 - 198

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

ISSN 2317-3491

umidade do clima Tropical. Observou-se na dinâmica fluvial diferenças significativas: o regime de escoamento é de caráter temporário no alto e médio curso fluvial e caráter perene no baixo curso. Em relação aos solos, destacaram-se os: Plintossolos, Latossolos, Chernossolos, Argissolos, Neossolos, Planossolos e Luvisolos, recobertos por vegetação típica de zona de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga. No tocante ao uso e cobertura da terra, foram estimados dois níveis para o estudo: o Natural e o Antrópico. Com o mapeamento foi possível constatar que a destruição da vegetação primária foi relacionada com o aumento de áreas agrícolas (11,7% em 1985 para 13,7% em 2021), da expansão urbana e do desmatamento (0,2% em 1985 para 0,4% em 2021 para a expansão urbana e 12,5% em 1985 para 14,6% em 2021), especialmente no Bioma Caatinga.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Uso e cobertura do solo. Geotecnologias. Bacia hidrográfica.

CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT AND LAND COVER IN THE POTI RIVER HYDROGRAPHIC BASIN (CEARÁ AND PIAUÍ)

Abstract: This study objective to characterize the environmental and socioeconomic variables (land use and land cover) of the Poti Hydrographic Basin (BHRP), aiming to contribute to the development of public policies that deal with the use, management, recovery, preservation and conservation of natural systems. The collected data were analyzed using a quali-quantitative approach, with the environmental characterization based on the systemic approach. It was possible to define the lithostratigraphic units dating from the Paleoproterozoic to the Cenozoic, with a predominance of rocks from the Parnaíba and Borborema Provinces. Regarding the Morphological Units, the following reliefs were highlighted: Pattern in Levels, Pattern in Tabular Forms, Pattern in Hills, Fluvial Plains, Pattern in Plateau/Glint, Backland Surface and Crystalline Massifs. Regarding the climate, transition conditions were found between the semi-arid climate, to the east, grading, to the west, to the conditions of greater humidity of the tropical climate. Significant differences were observed in the fluvial dynamics: the flow regime is temporary in the upper and middle course of the river and perennial in the lower course. In terms of soils, the following stood out: Plinthosols, Latosols, Chernosols, Argisols, Neosols, Planosols and Luvisols, covered by vegetation typical of the transition zone between the Cerrado and Caatinga biomes. Regarding land use and land cover, two levels were estimated for the study: Natural and Anthropogenic. With the mapping, it was possible to verify that the destruction of primary vegetation was related to the increase in agricultural areas (11.7% in 1985 to 13.7% in 2021), urban expansion and deforestation (0.2% in 1985 to 0.4% in 2021 for urban expansion, and 12.5% in 1985 to 14.6% in 2021), especially in the Caatinga Biome.

Keywords: Environmental impacts. Land use and cover. Geotechnologies. Hydrographic basin.

CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO Y COBERTURA TERRESTRE EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RÍO POTI (CEARÁ Y PIAUÍ)

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las variables ambientales y socioeconómicas (uso y cobertura del suelo) de la cuenca del río Poti, con el fin de contribuir al desarrollo de políticas públicas que aborden el uso, manejo, recuperación y conservación de recursos naturales. Los datos recolectados fueron analizados utilizando un enfoque cuali-cuantitativo, con la caracterización ambiental basada en el enfoque sistémico. Fue posible definir las unidades litoestratigráficas datadas del Paleoproterozoico al Cenozoico, con

predominio de rocas de las Provincias de Parnaíba y Borborema. En cuanto a las Unidades Morfológicas, ganaron protagonismo los relieves: Patrón en Hitos, Patrón en Formas Tabulares, Patrón en Colinas, Llanura Fluvial, Patrón en Meseta/Destellos, Superficie Sertaneja y Macizos Cristalinos. En cuanto al clima, se encontraron condiciones de transición entre el clima semiárido, al este, degradándose, al oeste, a las condiciones de mayor humedad del clima tropical. Se observaron diferencias significativas en la dinámica fluvial, siendo el régimen de caudales de carácter temporal en el curso alto y medio del río, y perenne en el curso bajo. En relación a los suelos se destacan: Plintosoles, Latosoles, Quernosoles, Argisoles, Neosoles, Planosoles y Luvisoles, cubiertos por vegetación propia de la zona de transición entre los biomas Cerrado y Caatinga. En cuanto al uso del suelo y la cobertura del suelo, se estimaron dos niveles para el estudio: Natural y Antrópico. Con el mapeo fue posible verificar que la destrucción de la vegetación primaria está relacionada con el aumento de las áreas agrícolas, (11,7% en 1985 para 13,7% en 2021), la expansión urbana y la deforestación (0,2% en 1985 para 0,4% en 2021 la expansión urbana y 12,5% en 1985 para 14,6% en 2021), especialmente en el Bioma Caatinga.

Palabras clave: Datos ambientales. Uso y cobertura. Geotecnologías. Cuenca hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A análise ambiental é fundamental para reconhecer as potencialidades e limitações do espaço geográfico. Logo, viabilizam as ações de planejamento e gestão ambiental e priorizam o estabelecimento de propostas voltadas para a preservação dos recursos naturais, a satisfação das necessidades humanas e o desenvolvimento econômico embasado nos princípios da sustentabilidade (FARIAS; SILVA; NASCIMENTO, 2015).

No Brasil, as análises com o viés geoambiental foram intensificados desde a década de 1990, quando foi priorizado estudos sistemáticos em microbacias hidrográficas como unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (CARVALHO, 2020).

Nessa perspectiva, estudos que procuram integrar os elementos que abarcam a natureza enfatizam não somente as relações mútuas entre os componentes ambientais que compõem a base física, como também determinam os impactos sobre os recursos naturais, resultante do uso da capacidade de suporte do ambiente natural (PEREIRA *et al.*, 2019).

Esse ritmo cada vez mais rápido das alterações das formas de relevo e na taxa de operação dos processos geomórficos (erosão e sedimentação) e hidrológicos requer o entendimento da mecânica do relevo e dos fatores que influenciaram as ações humanas, bem como identificar locais sensíveis e os prioritários para conservação, recuperação e/ou restauração ecológica (GOUDIE, 2020).

Para uma melhor caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Poti (BHRP), optou-se por apresentar os elementos constituintes da paisagem de acordo com a conceituação

geossistêmica de Bertrand (1971), uma vez que este agrega estudos sobre fenômenos espaciais e geográficos, em que os elementos físico-biológicos e socioeconômico-culturais se relacionam e produzem espaços diferenciados.

Logo, o presente estudo buscou caracterizar as principais variáveis ambientais (geológico/geomorfológicas, hidroclimáticas, pedológicas e fitoecológicas) e socioeconômicas (uso e cobertura da terra) com o intuito de contribuir com o desenvolvimento de políticas públicas que tratem do uso, manejo e conservação adequados dos recursos naturais.

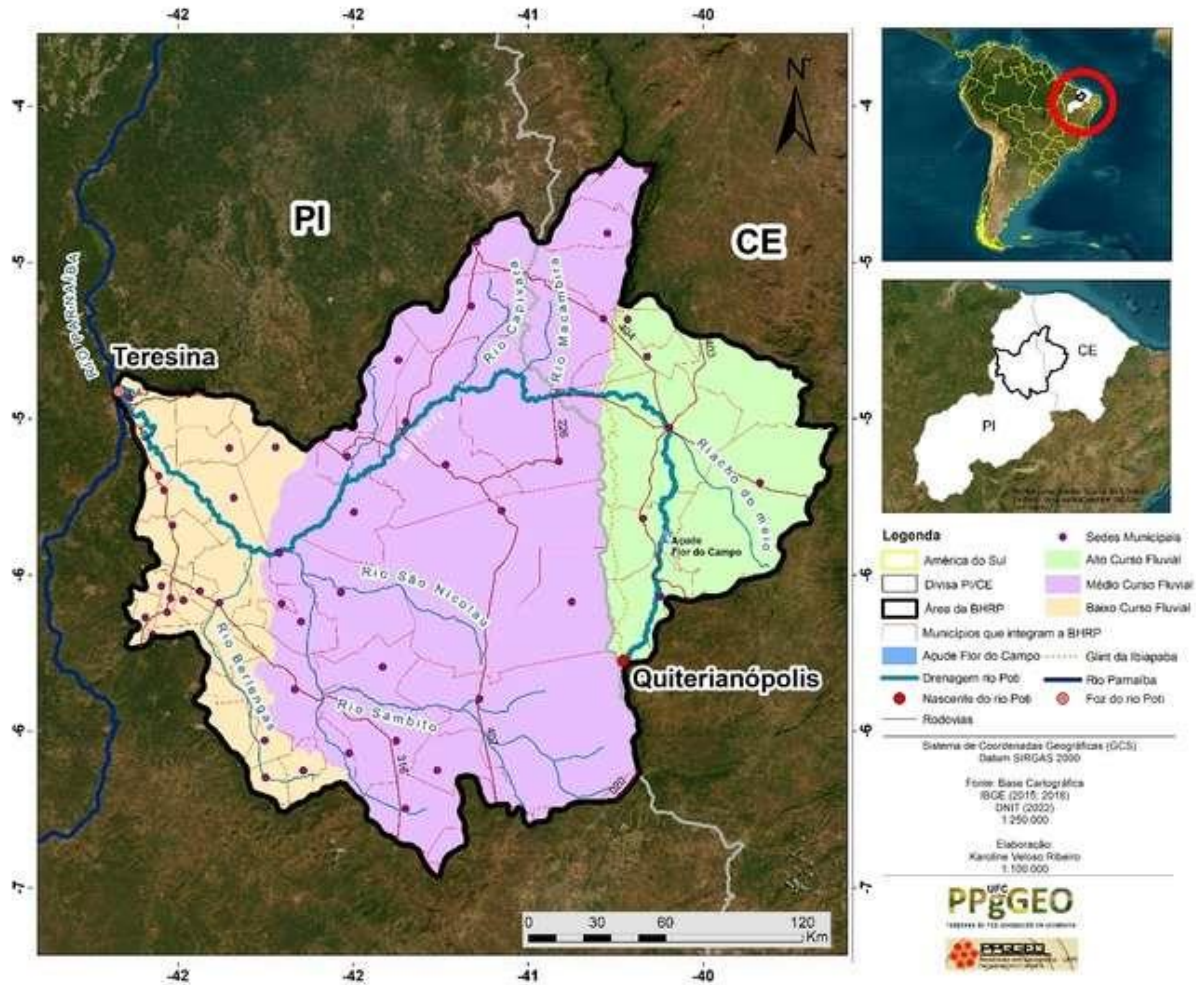
Posto isso, insere-se a bacia hidrográfica do rio Poti que abrange os estados do Ceará e do Piauí, nordeste do Brasil. Foram examinadas algumas propriedades que compõem o potencial ecológico, bem como aspectos litológicos e estruturas geológicas. Posteriormente, foram retratadas as demais características que abarcam o uso dos ecossistemas e as atividades humanas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Poti abrange os estados do Piauí, na sua porção centro-norte, e do Ceará (centro-oeste), no sudoeste dos Sertões dos Inhamuns, englobando 82 municípios, com 61 piauienses e 21 municípios cearenses, com área de aproximadamente 51.812 km². Desses, 14.142 km² são pertencentes ao estado do Ceará e 37.670 km² ao estado do Piauí (Figura 1).

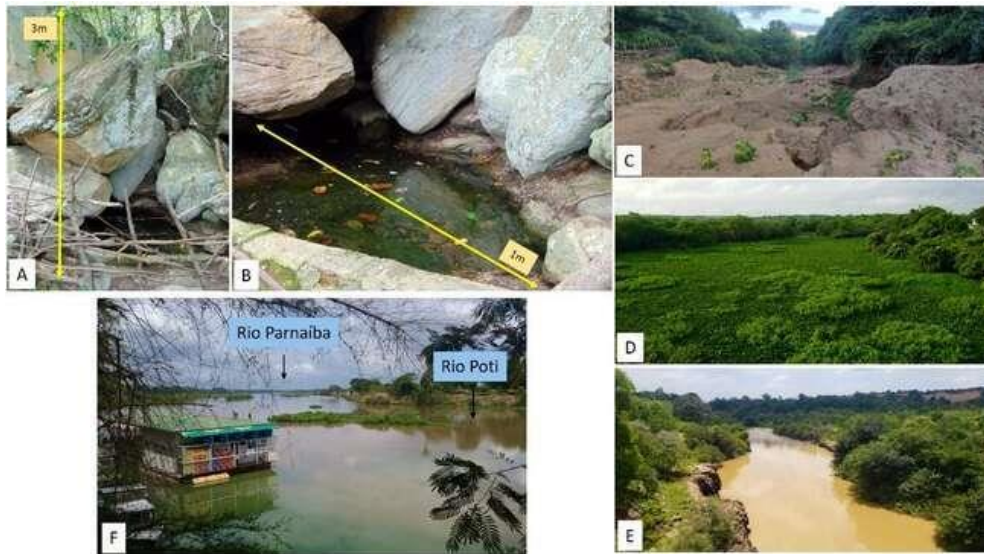
Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Poti (BHRP)



Fonte: Autores (2023).

O Rio Poti (Figura 2) corresponde ao segundo maior afluente da margem direita do rio Parnaíba (eixo principal da drenagem piauiense). Tem sua nascente no estado do Ceará, no município de Quiterianópolis, com foz no estado do Piauí, no município de Teresina. Ressalta-se ainda que BHRP compreende 21,25% da área da bacia hidrográfica do rio Parnaíba (BRASIL, 2018).

Figura 2 – Rio Poti. A – Panorama geral da nascente principal no município de Quiterianópolis/CE. B – Nascente principal em Quiterianópolis/CE. C – Trecho no município de Novo Oriente/CE. D – Canal principal no município de Crateús/CE. E- Limite intermunicipal entre Juazeiro do Piauí e Castelo do Piauí. F – Foz no município de Teresina/PI



Fonte: Autores (2023).

Destaca-se ainda que o rio Poti, ao sair da área cristalina cearense, penetra na bacia sedimentar do Parnaíba através de um cânion na borda dessa bacia que compreende o front do Planalto cuestiforme da Ibiapaba, representado, atualmente, por uma garganta de sentido leste-oeste com mais de 300 metros de profundidade (LIMA, 2020) e extensão de aproximadamente 180km, conhecida como Boqueirão do rio Poti (BARROS, 2022).

Procedimentos metodológicos

A pesquisa consistiu no levantamento bibliográfico do objeto investigado, aquisição da base de dados em órgãos e instituições oficiais para que fosse procedida a caracterização dos componentes ambientais e socioeconômicos, informações cruciais para a compreensão da realidade da BHRP. Contou com uma variedade de técnicas que congregaram atividades de gabinete e etapas de campo, a fim de elaborar um banco de dados para melhor sistematizar as etapas de diagnóstico, produção cartográfica e discussão dos resultados.

Na etapa de estudo preliminar foram consultados e analisados documentos técnicos disponíveis, além das bibliografias geral e específica, seleção e consulta de mapas, seguido de interpretação temática e, por fim, processamento digital de imagens utilizando geotecnologias.

O mapeamento geológico se deu através de dados disponíveis no sítio eletrônico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2010) e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2019). Para o mapeamento geomorfológico utilizou-

se os dados disponibilizados no Banco de Informações Ambientais (BDiA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2015). Quanto à taxonomia do relevo, foi adotada a classificação de Ross (1992).

Os dados hidroclimáticos foram obtidos no sítio da Plataforma GIOVANNI, sendo os dados de precipitação estimados por satélite, disponibilizados pelo *Goddard Earth Sciences Data And Information Services Center* (GES DISC), da Agência Espacial Americana (NASA). Destaca-se que a série histórica analisada foi de 21 anos, no interstício de 2001 a 2021.

Os aspectos pedológicos foram definidos através do Banco de Informações Ambientais (BDiA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2019). Todavia, as classes de solos seguiram as diretrizes propostas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018).

O mapa hipsométrico e de declividade foram obtidos junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), a partir da aquisição do Modelo Digital de Elevação (MDE), da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 metros, utilizando técnicas de geoprocessamento. Para as classes de declividade, seguiu a proposta de Ross (1994).

Já a confecção do mapa de uso e cobertura da terra fez-se uso dos dados disponibilizados na plataforma do MapBiomas (2021). Ressalta que os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2019) foram utilizados na perspectiva de auxiliar nas discussões socioeconômicas da BHRP.

A etapa de campo foi primordial ao possibilitar a confirmação das informações levantadas e sistematizadas em gabinete. Do ponto de vista operacional, as geotecnologias constituíram instrumento de relevância, ao possibilitar a compilação, manipulação, integração e geração de dados coletados em gabinete e campo. Os produtos cartográficos foram gerados no software ArcGis 10.5 (com licença registrada junto ao Curso de Geografia da Universidade Federal do Piauí) e Global Mapper (Licença Estudantil).

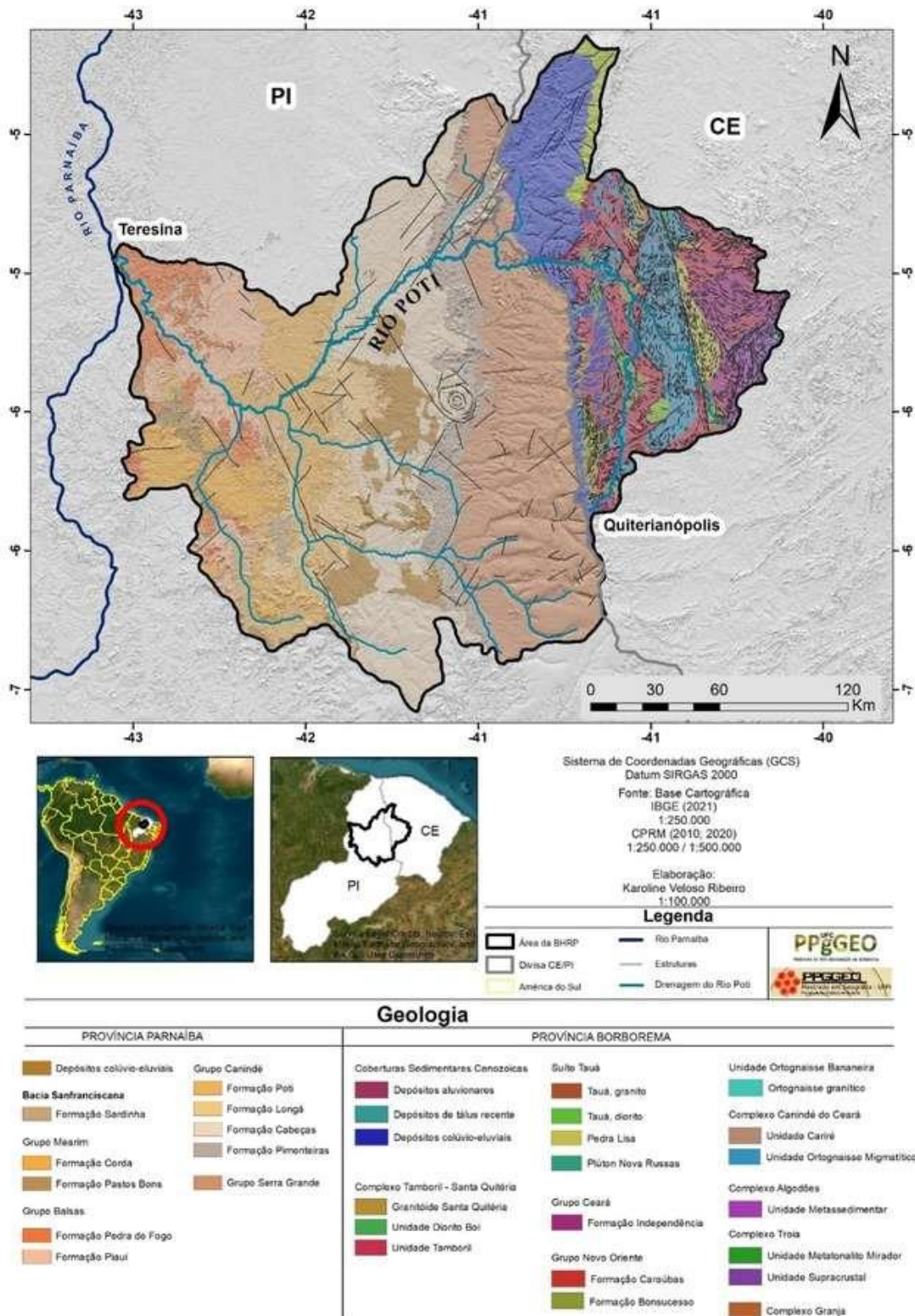
RESULTADOS E DISCUSSÕES

A geologia do alto curso da BHRP no estado do Ceará é representada pelo embasamento cristalino (Pré-cambriano), com rochas dos tipos magmáticas, metamórficas e

sedimentares na borda do Planalto cuestiforme da Ibiapaba. Enquanto a geologia do médio e baixo curso é constituída por rochas sedimentares dispostas em camadas sub-horizontais com mergulho preferencial de leste para oeste, ou seja, para o interior da bacia sedimentar do Parnaíba (LIMA, 2020).

Regionalmente, a área é limitada a leste pela Zona de Cisalhamento Tauá e a oeste pela Bacia do Parnaíba. A litoestratigráfica é variada e inserida nas províncias Parnaíba, na porção centro-oeste, e Borborema, na porção leste (MANHÃES; SANTOS, 2022). Logo, a BHRP possui as unidades posicionadas desde Paleoneoarqueano ao Cenozoico (Figura 3).

Figura 3. Mapa geológico da bacia hidrográfica do rio Poti (BHRP)

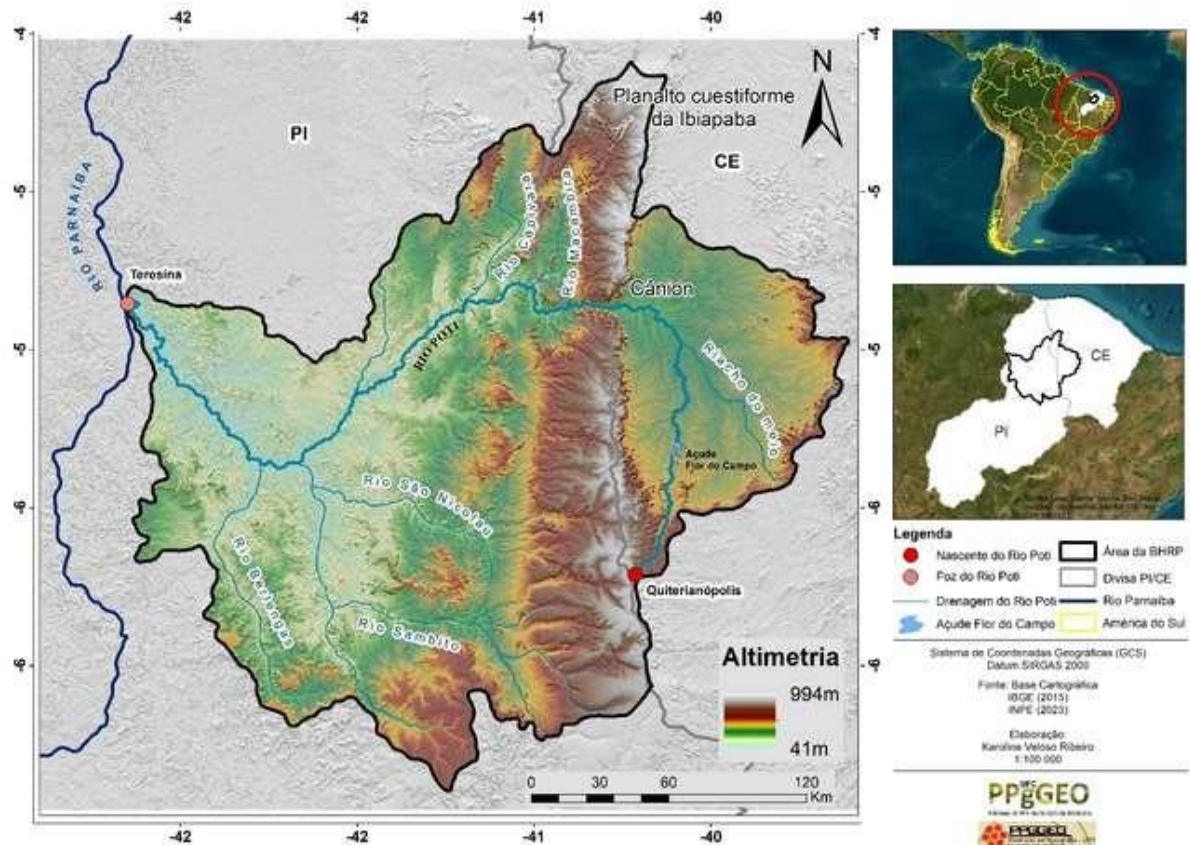


Fonte: Modificado de CPRM (2010); IPECE (2019).

Isto resultou na organização de paisagens naturais e na elaboração das formas de relevo locais, uma vez que o compartimento estrutural soma-se, também, diferente compartimentação topográfica associado a um mosaico bioclimático diferenciado.

O modelado morfológico atual resultou em esculturação de uma feição de relevo cuestiforme (Figura 4) no Grupo Serra Grande, do tipo *glint*, isto é, com vertente e sopé mantidos por rochas cristalinas (CLAUDINO-SALES, 2002). Representa uma paisagem singular no Ceará, ao abranger toda a porção ocidental nos limites com o Piauí, dispondo-se de norte a sul por cerca de 380 km de extensão com escarpamento quase que contínuo, rompido pela superposição fluvial que originou o cânion do rio Poti (MOURA-FÉ, 2017).

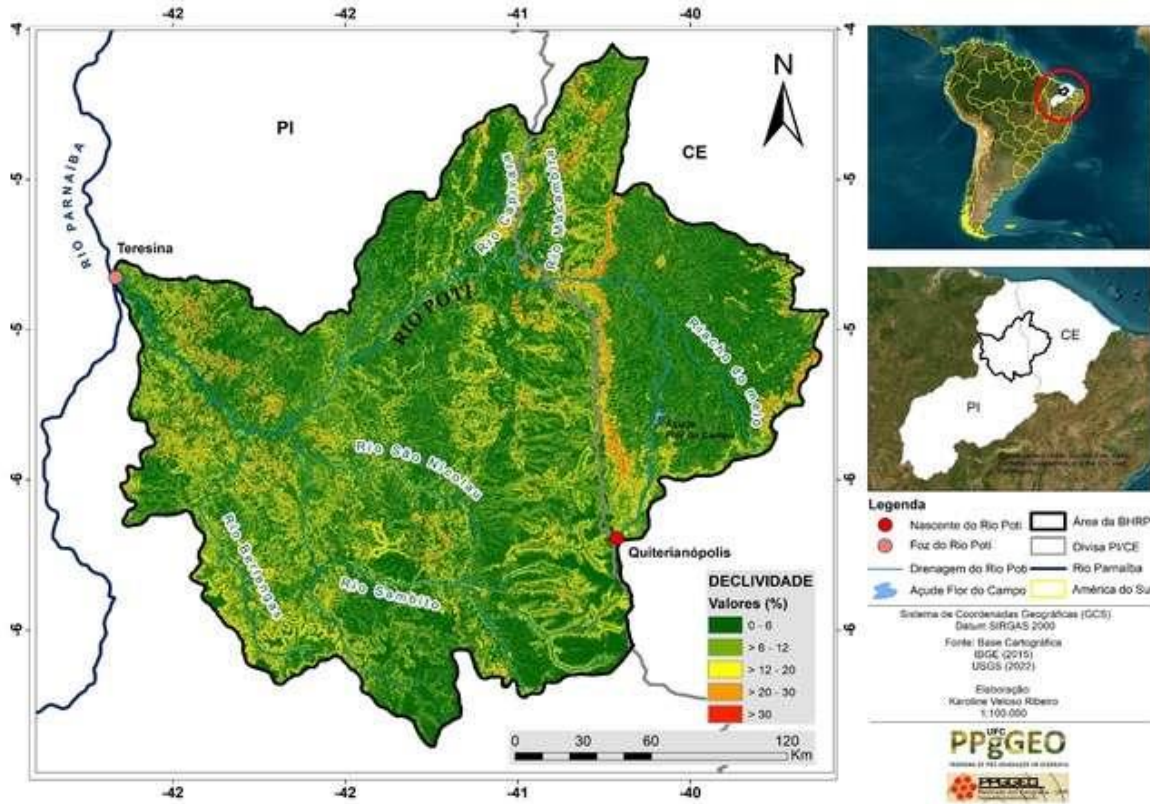
Figura 4. Mapa altimétrico da BHRP destacando o Planalto cuestiforme da Ibiapaba e o cânion do rio Poti.



Fonte: Modificado de INPE (2023). Autores (2023).

Ao considerar a declividade da BHRP (Figura 5), de forma geral, é marcada por baixos índices de declividade, como mostra a tabela 1. Logo, foi possível notar que 49,7% da área de estudo apresentou declividade que caracterizou-se como plana, entre 0% e 3%, seguido pela classe suave ondulado com 35,4%, com intervalos de declive entre 6% a 12%. Os outros dois intervalos, de 20% a 30%, caracterizados como suave ondulado a ondulado, juntos somam 13,9% da área de estudo, sendo o intervalo de declive > 30%, o de menor abrangência, totalizando 0,9% da área de estudo.

Figura 5. Mapa de declividade da BHRP



Fonte: Autores (2023).

Tabela 1 – Classes de declividade na BHRP.

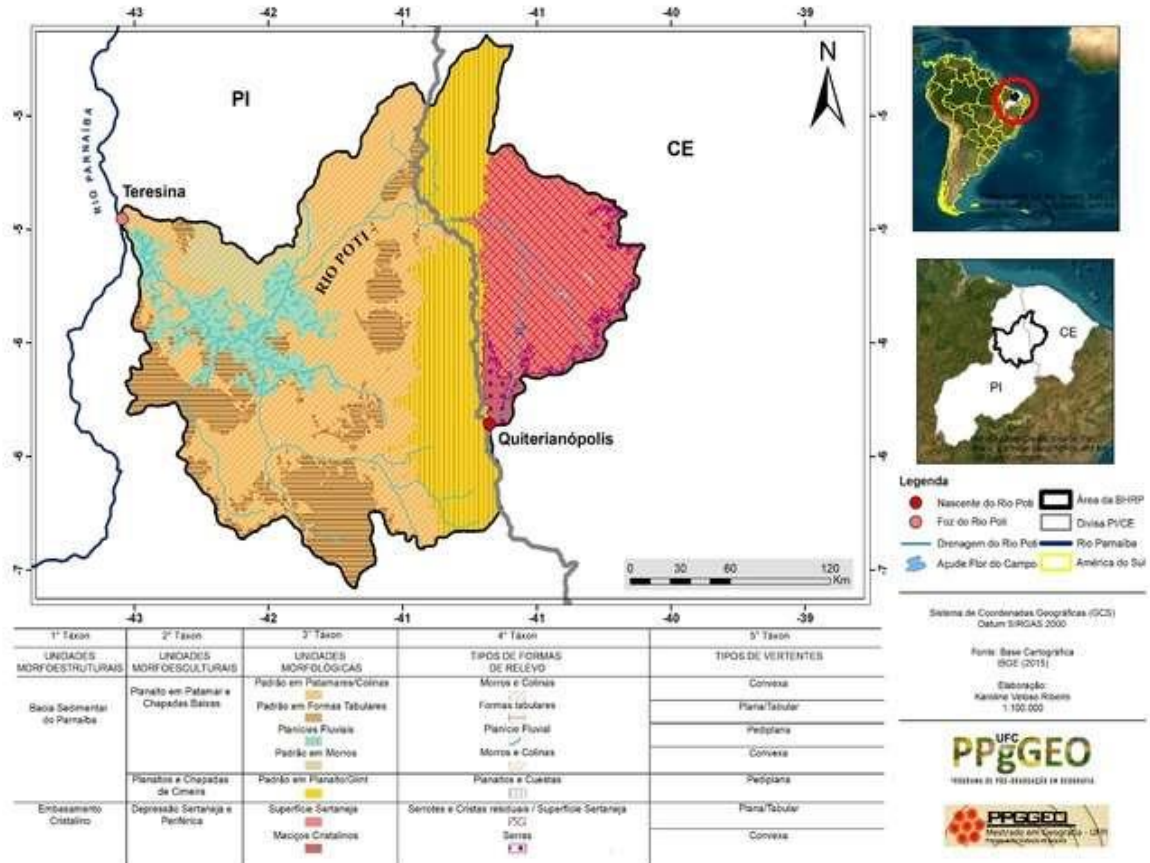
| Classes de Declividade (%) | Área (km ²) | Porcentagem (%) |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|
| 0 - 6 | 25.774,61 | 49,7 |
| 6 - 12 | 18.355,31 | 35,4 |
| 12 - 20 | 5.381,78 | 10,4 |
| 20 - 30 | 1.837,05 | 3,5 |
| > 30 | 463,25 | 0,9 |
| Total | 51.812,00 | 100 |

Fonte: Ross (1994). Adaptado pela autora (2023).

De acordo com o arcabouço estrutural, o relevo corresponde ao contato entre duas províncias geológicas distintas: o embasamento cristalino (Pré-Cambriano) a leste, e a Bacia Sedimentar do Parnaíba (Paleomesozoica) a oeste (LIMA, 2020). Ao considerar os níveis

taxonômicos de Ross (1992) foi possível classificar as formas até a 5º ordem de grandeza, como mostra a figura 6.

Figura 6. Mapa geomorfológico da BHRP



Fonte: Modificado de IBGE (2015); IPECE (2015). Autores (2023).

Menciona-se que a morfoestrutura é a forma de relevo de maior expressão. Logo, a herança morfoestrutural associada aos elementos morfoclimáticos também refletiram nas formas regionais, permitindo, assim, sua classificação, ao distinguir o relevo com as seguintes Unidades Morfoesculturais: i) Planalto em Patamar e Chapadas Baixas; ii) Planaltos e Chapadas de Cimeira e; iii) Depressão Sertaneja e Periférica.

Com efeito, as Unidades Morfológicas que retrataram determinado aspecto fisionômico decorrente das influências erosivas mais recentes, possibilitou identificar sete tipos de formas de relevo, a saber:

- I) Padrão em Patamares/Colinas – Morros e Colinas;
- II) Padrão em Formas Tabulares – Formas Tabulares;
- III) Planícies Fluviais – Planície Fluvial;
- IV) Padrão em Morros – Morros e Colinas;
- V) Padrão em Planalto/Glinc – Planaltos e Cuestas;

IV) Superfície Sertaneja – Serrotes e Cristas Residuais/Superfície Sertaneja;

VII) Maciços Cristalinos – Serras.

No alto curso fluvial, destacou-se amplo predomínio espacial das superfícies aplainadas da Depressão Sertaneja (Figura 7), posicionada em cotas modestas (50 a 250 m) com topografias planas ou levemente onduladas, resultante de uma prolongada e cíclica atuação dos eventos erosivos e denudacionais que promoveram o arrasamento do relevo sustentado pelo embasamento ígneo-metamórfico Pré-Cambriano (CLAUDINO SALES; PEULVAST, 2007).

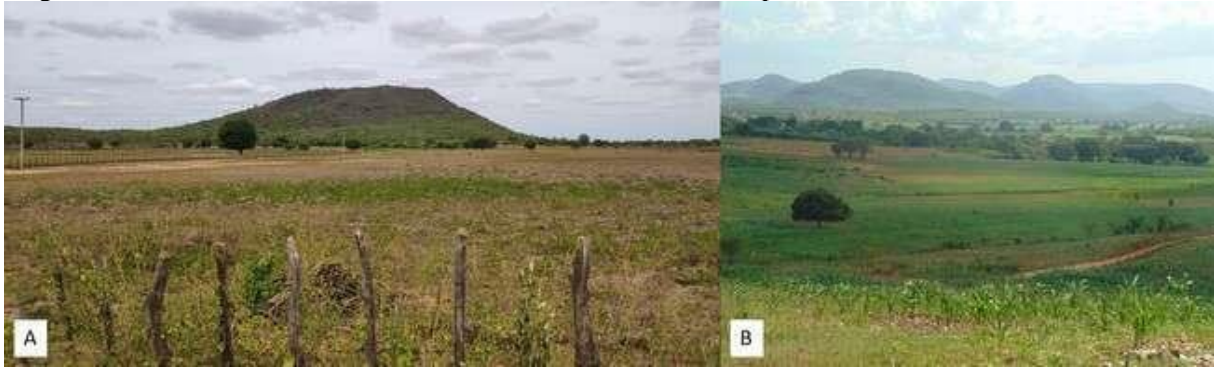
Figura 7. Superfícies aplainadas associada à BHRP – município de Crateús/CE.



Fonte: Autores (2023).

O predomínio de vastas superfícies aplainadas denota um período de notável estabilidade tectônica, sem grandes variações de nível de base onde tem vigorado paleoclimas quentes e semiáridos e com poucas variações em relação ao clima atual (BRANDÃO; FREITAS, 2014). Todavia, estas superfícies aplainadas encontram-se pontilhadas por serrotes e cristas residuais (Figura 8), elaborados em rochas mais resistentes ao intemperismo e a erosão, pertencentes ao embasamento cristalino.

Figura 8. A – Serrotes; B – Cristas residuais na BHRP – município de Novo Oriente, estado do Ceará



Fonte: Autores (2023).

Destaca-se que os maciços do Ceará Central são formados por relevos residuais elevados (Figura 9), com níveis altimétricos em torno de 600m, com litologias do Pré-Cambriano (COSTA *et al.*, 2020).

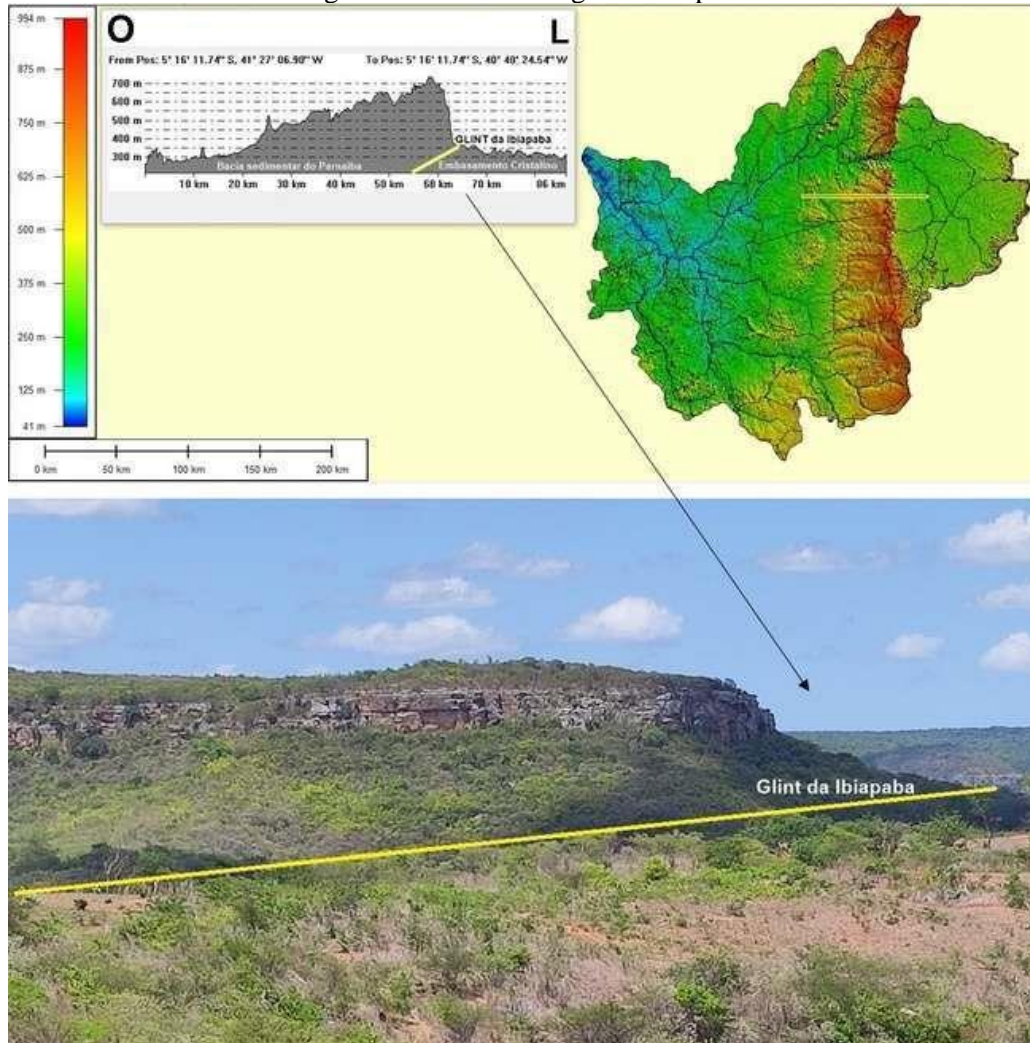
Figura 9. Relevos residuais na BHRP – município de Independência/CE.



Fonte: Autores (2023).

No médio curso fluvial, na porção oeste do Ceará, limitando-se com o estado do Piauí, desenvolveu-se o escarpamento na borda da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Trata-se de um relevo na forma de *glint* (Figura 10). Conceitualmente, é o escarpamento acinal e contínuo formado pelo contato discordante de uma estrutura sedimentar imediatamente sobre o embasamento erodido (PEULVAST; VANNEY, 2001). Tal relevo é sustentado pelos arenitos do Grupo Serra Grande, pertencente a Província Parnaíba (COSTA *et al.*, 2020).

Figura 10. Geomorfologia da Ibiapaba



Fonte: Autores (2023).

Ao seguir na direção oeste, o rio Poti seccionou a *cueta* em dois compartimentos de relevo (Ibiapaba ao norte e Serra Grande ao sul), formando um cânion (Figura 11) de elevada profundidade (aproximadamente 300m). Destaca-se que o rio Poti é sinuoso no sentido leste piauiense, ao dissecar a depressão periférica. Com efeito, o leito principal corta indistintamente os depósitos sedimentares e a direção do escoamento segue o declive dos estratos sedimentares, desde a Depressão Sertaneja e seccionando a borda leste da Província do Parnaíba, o *glint* da Ibiapaba (CLAUDINO-SALES, 2002).

Figura 11. Cãnion do rio Poti, no município de Buriti dos Montes/PI.



Fonte: Autores (2022).

Os setores no início e o final do cãnion são marcados por suaves degraus estruturais, caindo de leste para oeste, o que se pode inferir vinculado à intensa dinâmica da rede fluvial pretérita e atual ao dissecar o relevo para formar o vale com o aprofundamento do leito no reverso imediato e ladeado por morros residuais (Figura 12). Esses indicaram menor dissecação e topos tendendo à horizontalidade (LIMA, 2020).

Figura 12. Morros residuais no médio curso da BHRP – município de Novo Santo Antônio/PI.



Fonte: Autores (2023).

Assim como no médio curso, o baixo curso da BHRP encontra-se fortemente dissecado, representado por baixos planaltos, vales e morros residuais com altitudes em torno dos 200m, além das Planícies Fluviais (Figura 13).

Figura 13. Planície de inundação e primeiro nível de terraço fluvial no baixo curso da BHRP – município de Beneditinos/PI



Fonte: Autores (2022).

Logo, são feições constituídas pela acumulação de sedimentos desde à erosão que modelou o interior do continente, acumulando-se em setores rebaixados, com feições resultantes em bacias sedimentares (COSTA *et al.*, 2020) e, localmente, no baixo curso da BHRP. Neste setor, observa-se o aprofundamento do leito fluvial, originando seus terraços (Figura 14) à jusante e inundáveis por ocasião de grandes cheias dos rios Poti e Parnaíba, com leve caimento de altitude desde os respectivos diques marginais.

Figura 14. Terraços fluviais no baixo curso da BHRP – município de Teresina/PI



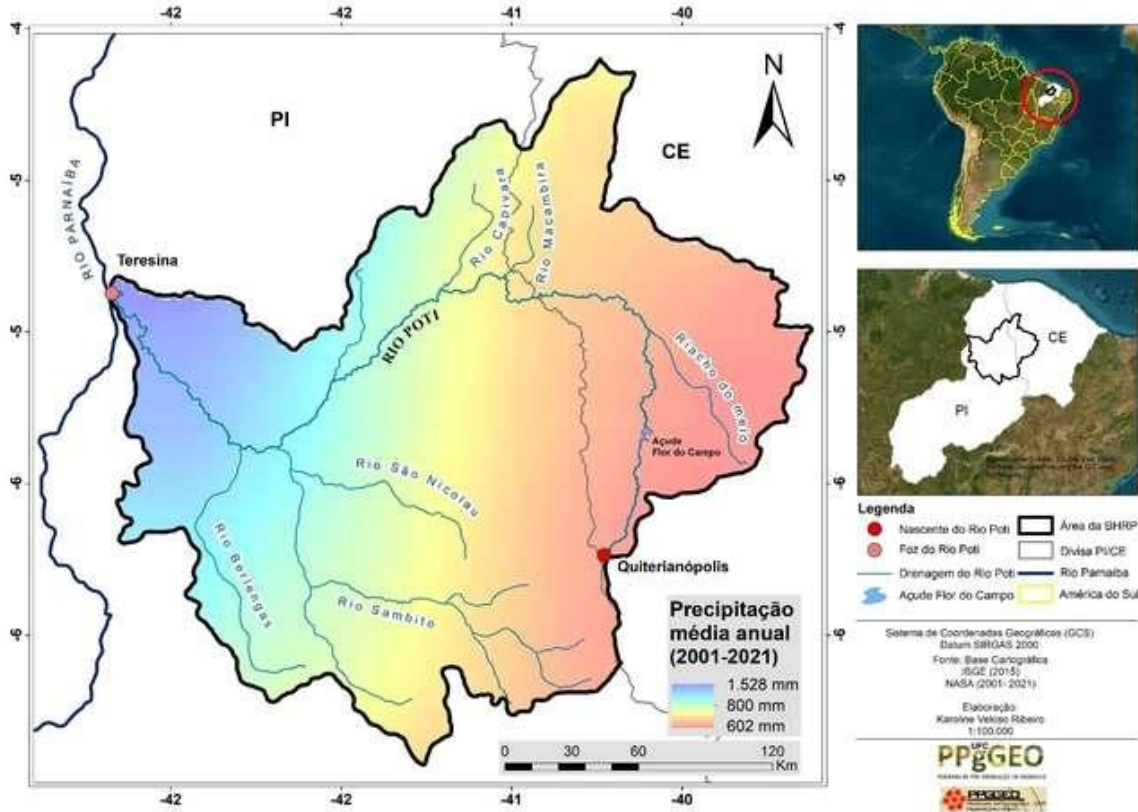
Fonte: Autores (2023).

Com relação ao clima, a BHRP apresenta atualmente condições de transição entre o clima Semiárido (FUNCEME, 2019), a leste, passando para oeste em condições maior de umidade do clima Tropical (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2004).

A distribuição das chuvas com base na média anual (Figura 15) mostra claramente a condição de semiaridez com períodos irregulares de chuvas, contribuindo com maior erosão areolar, como nas serras secas, onde a pluviosidade é menor no estado do Ceará. Nota-se que o setor que corresponde à Cuesta da Ibiapaba, os valores foram de aproximadamente

800mm/ano. E na área sedimentar, onde estão situados o médio e baixo curso fluvial, as isoietas apresentam valores mais elevados, chegando a atingir médias pluviométricas anuais em torno de 1.528mm/ano.

Figura 15. Mapa de isoietas da BHRP



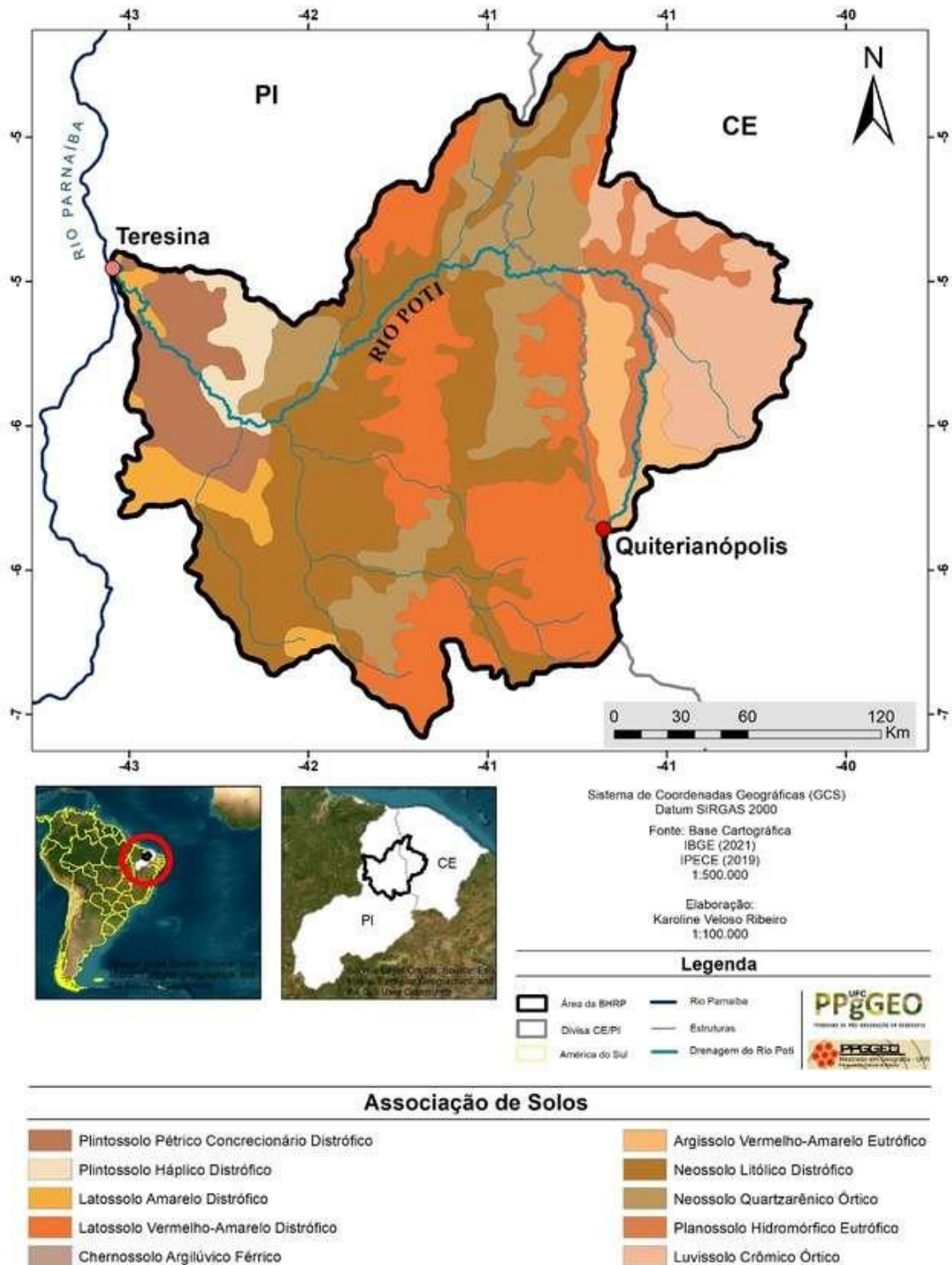
Fonte: Autores (2023).

Constatou-se diferença significativa de condições de umidade entre os setores extremos da BHRP (alto e baixo curso fluvial), ao apresentar um aumento gradativo na distribuição das chuvas nos sentidos nascente/foz. Isto se deu porque o estado do Piauí apresenta índices mais elevados de pluviosidade, distribuídos num período chuvoso mais prolongado em relação ao estado do Ceará, onde as condições de semiáridade são dominantes.

Nesse sentido, as influências estrutural e climática evidenciadas na BHRP acaba por interferir sazonalmente no fluxo fluvial, colocando o rio Poti na esfera dos regimes de escoamento de caráter temporário, no alto e médio curso fluvial, apresentando escoamento de caráter perene somente no baixo curso (LIMA, 2020).

No que diz respeito à distribuição espacial dos tipos de solos encontrados na BHRP (Figura 16), foi possível definir dez tipos de solos (EMBRAPA, 2018), compostos em sete ordens, sendo eles: Plintossolos, Latossolos, Chernossolos, Argissolos, Neossolos, Planossolos e Luvisolos.

Figura 16. Mapa de associação de solos da BHRP



Fonte: Modificado de IBGE (2015); IPECE (2019). Autores (2023).

Os solos da BHRP influenciam, sobremaneira, nas formas de uso da terra, já que sua delimitação natural apresentou diversas particularidades ambientais por estar inserida em uma

zona de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga (LIMA, 2016), e onde as condições e características ambientais são decorrentes de fenômenos naturais e derivadas de ações humanas.

No tocante ao uso e cobertura da terra, foram estimadas classes: o Natural e o Antrópico. E subdivididos em níveis, sendo eles: Natural – Floresta, Formação Natural não Florestal e Corpos D'água; Antrópico – Agropecuária e Área não Vegetada, como mostra o quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das classes de uso e cobertura da terra para a BHRP.

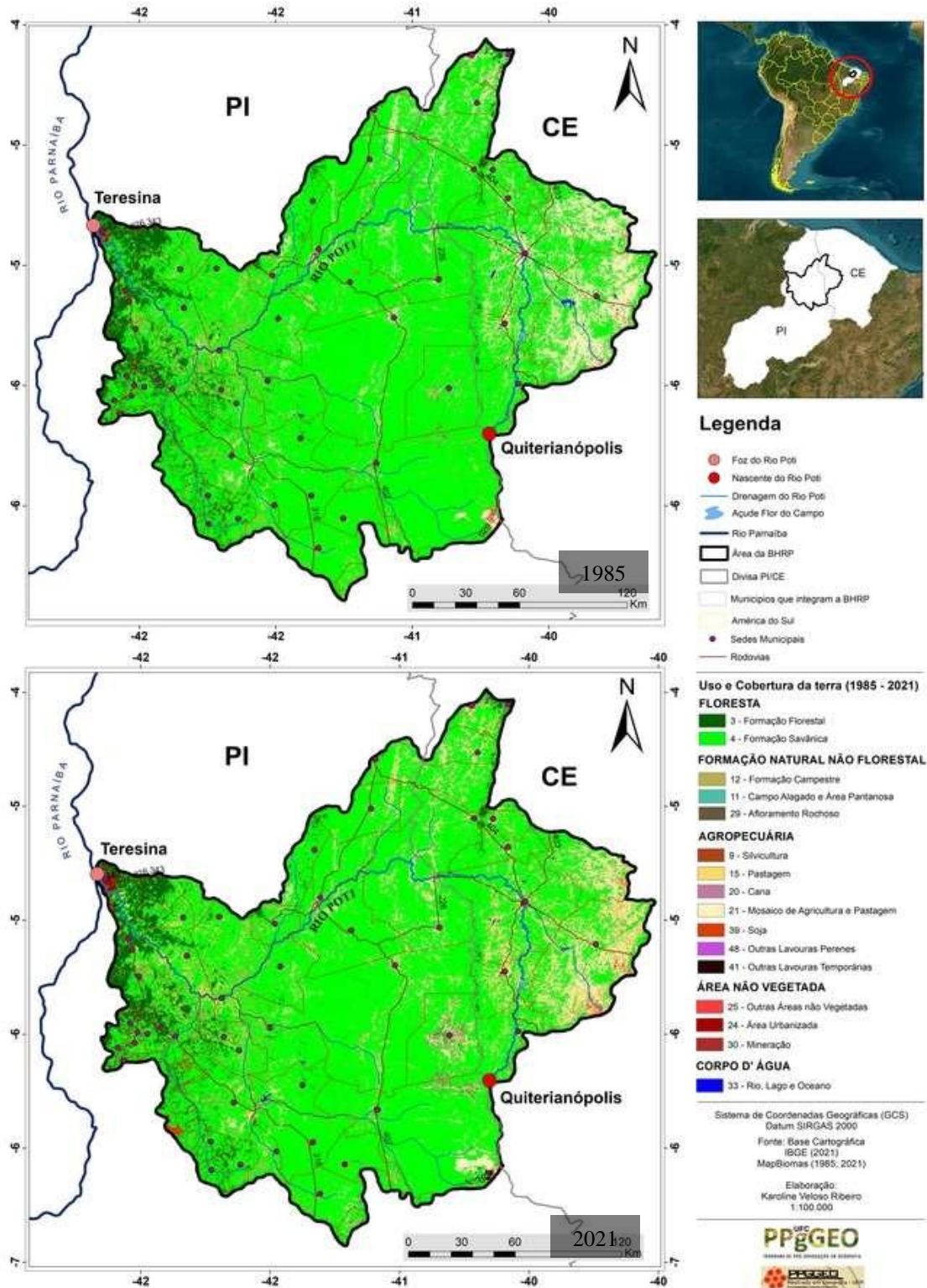
| Classes | Descrição |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 FLORESTA 1.1 Formação Florestal 1.2 Formação Savânica | Essa cobertura envolve as estruturas florestais e campestres, incluindo desde florestas, campos originais e alterados, formações florestais secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas. |
| 2 FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL 2.1 Formação Campestre 2.2 Campo Alagado e Área Pantanosa 2.3 Afloramento Rochoso | Refere-se aos cultivos em sistemas agroflorestais. Trata-se de uma forma de uso da terra na qual se combinam espécies frutíferas e/ou madeiras com cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou sazonalmente, interagindo em uma mesma unidade de terra. |
| 3 AGROPECUÁRIA 3.1 Silvicultura 3.2 Pastagem 3.3 Cana 3.4 Mosaico de Agricultura e Pastagem 3.5 Soja 3.6 Outras Lavouras Temporárias 3.7 Outras Lavouras Perenes | É a área destinada pela utilização da terra para produzir alimentos, fibras e commodities do agronegócio e criar animais. |
| 4 ÁREA NÃO VEGETADA 4.1 Infraestrutura Urbana 4.2 Outras Áreas não Vegetadas 4.3 Mineração | Refere-se aos ambientes naturais e os antrópicos. |
| 5 CORPO D'ÁGUA 5.1 Rio, Lago e Oceano | São todas as classes de águas interiores e costeiras. |

Fonte: MapBiomias (2021).

Os principais resultados foram evidenciados com os mapas temáticos que expõe os resultados do uso e cobertura do solo (natural e antrópica), dentro da série histórica de 36 anos. Dessa forma, foi possível identificar as áreas da BHRP mais degradadas e as mais preservadas, com os níveis quantificados em porcentagem e melhor compreender a dinâmica

pedagógica e as influências humanas. Na busca de visualizar e identificar de maneira pormenorizada as mudanças no uso e na cobertura da terra, entre os anos de 1985 e 2021, elaborou-se a figura 17.

Figura 17. Mapa de uso e cobertura da terra



Fonte: Autores (2023).

O mapa de uso e cobertura da terra da BHRP (área total de 51.812km²) mostrou que em 1985 apresentava baixo nível de ocupação, com apenas 441,30 km² da área ocupada por pastagem (AP). Observou-se a predominância da Formação Savânica (FS), com 78,2%, seguida das Formações Florestal (FF) com 5,3% e a Formação Campestre (FC) com somente 3,6% da área total da bacia hidrográfica. A maior concentração de remanescente de FF se observou no baixo curso fluvial e seguida na porção que compreende o Planalto Cuestiforme da Ibiapaba.

No ano de 2021 foi possível registrar mudanças significativas na bacia hidrográfica. Observou-se a ampliação da AP, passando de 0,9% a 5,3%, sobretudo no alto curso fluvial. E redução das FS, passando de 40.529,43 km² (78,2%) para 38.686,57 km² (74,6%) em virtude da ampliação das AP. A evolução das áreas de pastagem, durante os anos analisados, mostra a transição da cobertura vegetal para o uso da terra focado na criação de animais (MAPBIOMAS, 2021).

Verificou-se também a introdução de espécies de árvores destinadas a fins comerciais, como os monocultivos de eucalipto, com 61,15 km² (0,1%) e soja com 80,12 km² (0,1%), sobretudo, na margem esquerda do curso do rio Poti. Outras áreas não vegetadas foram decorrentes da infraestrutura urbana, especialmente no extremo leste da bacia e no baixo curso fluvial. O quadro 2 apresenta as informações sobre as formas de uso e cobertura da terra da BHRP, suas respectivas classes e o quantitativo por área mapeada.

Quadro 2 – Quantitativo por classes de uso e cobertura da terra na BHRP.

| CLASSES | ÁREA (KM ²) 1985 | % DO TOTAL | ÁREA (KM ²) 2021 | % DO TOTAL |
|----------------------------------------|------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| FLORESTA | | | | |
| Formação Florestal | 2754,15 | 5,3 | 2792,99 | 5,4 |
| Formação Savânica | 40529,43 | 78,2 | 38686,57 | 74,7 |
| FORMAÇÃO FLORESTAL NÃO VEGETADA | | | | |
| Formação Campestre | 1866,86 | 3,6 | 2362,47 | 4,6 |
| Campo Alagado e Área Pantanosa | 32,48 | 0,1 | 51,25 | 0,1 |
| Afloramento Rochoso | 38,07 | 0,1 | 177,48 | 0,3 |
| AGROPECUÁRIA | | | | |
| Silvicultura | 0,0 | 0,0 | 61,15 | 0,1 |

| | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Pastagem | 441,30 | 0,9 | 2771,17 | 5,3 |
| Cana | 0,0 | 0,0 | 0,03 | 0,0 |
| Mosaico de Agricultura e Pastagem | 5599,57 | 10,8 | 4080,79 | 7,9 |
| Soja | 0,0 | 0,0 | 80,12 | 0,2 |
| Outras lavouras perenes | 0,05 | 0,0 | 9,63 | 0,0 |
| Outras lavouras temporárias | 0,66 | 0,0 | 122,51 | 0,2 |
| ÁREA NÃO VEGETADA | | | | |
| Outras áreas não vegetadas | 298,09 | 0,6 | 281,42 | 0,5 |
| Área urbanizada | 78,22 | 0,2 | 231,12 | 0,4 |
| Mineração | 0,14 | 0,0 | 3,17 | 0,0 |
| CORPO D' ÁGUA | | | | |
| Rio, Lago e Oceano | 172,97 | 0,3 | 100,12 | 0,2 |
| TOTAL | 51812 | 100% | 51812 | 100% |

Fonte: MapBiomas (2021). Organização: autores (2023).

Foi possível constatar que a destruição dos níveis, como de vegetação primária, está relacionada com o aumento de áreas agrícolas, da expansão urbana e do desmatamento, especialmente no Bioma Caatinga. A supressão da cobertura vegetal foi, em parte, responsável pela degradação ambiental que se materializou na BHRP. Em geral, o crescimento das pastagens e a agricultura deve-se, em grande parte, ao desmatamento e queimadas da cobertura vegetal natural, levando à degradação do solo e ao assoreamento do rio e dos corpos d'água (barragens). Foi possível verificar que a criação de animais possivelmente ocasionou o superpastoreio e o incremento da erosão. Essas atividades impulsionaram degradação ambiental, uma vez que os rebanhos competiram pelo pasto, e afetaram a produtividade primária (TAVARES et al., 2019).

Ressalta-se que as mudanças no uso do solo e os impactos ambientais decorrentes ocorreram em todo o território da bacia hidrográfica, no entanto, o estado do Ceará obteve as maiores perdas florestais principalmente nas Depressão Sertaneja e Periférica, sendo as mais afetadas pela expansão da agropecuária. A maioria das culturas agrícolas foi realizada por pequenos produtores rurais, em setores de maior altitude, com solos profundos, relevo plano e com acesso à água para as práticas de irrigação (FUNCEME, 2015).

O fato é que o uso inadequado do solo a cada ano tem agravado a degradação ambiental no Ceará, principalmente com os períodos de secas prolongadas. Entre 2012 a 2017 o território cearense passou por uma das estiagens mais intensas, causando um triste cenário de crise hídrica (TAVARES *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar e descrever as variáveis ambientais e de uso da terra na BHRP, sendo elementos necessários para compreender o funcionamento, organização e dinâmica dos ambientes naturais e as intervenções humanas, que certamente auxiliarão no planejamento ambiental integrado e conservação dos sistemas naturais.

Logo, a análise das unidades de paisagem foi primordial para reestruturar usos adequados de acordo com particularidades e limitações, uma vez constatada que as relações sociedade-natureza na BHRP promoveram impactos ambientais de elevada magnitude, especialmente no setor semiárido.

Como verificado, observou-se o aumento das culturas temporárias e a diminuição das permanentes com consequências vinculadas ao empobrecimento do solo. O fator que contribuiu para esse processo foi o crescimento vertiginoso da pecuária ao impedir, em variados setores da bacia hidrográfica, a retomada da vegetação primária nas propriedades rurais que potencializaram a erosão dos solos.

Por fim, foi possível constatar que a BHRP foi marcada pelo crescimento das áreas com solos expostos. Para reverter este cenário é necessário amplo reflorestamento e a manutenção da cobertura vegetal primária. As florestas remanescentes, quando ampliadas proporcionarão a proteção do solo e potencializara a fertilização, a recarga dos aquíferos, a retomada da biodiversidade e para ampliara a produção de alimentos e o controle da erosão.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O. da.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de. **Atlas climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004.
- BARROS, J. S. Cânion do Rio Poti: um cenário da história geológica planetária da bacia do Parnaíba. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, Teresina, v. 3, n. 3, p. 72-90, 2022.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, Paraná, v. 13, p. 1-27, 1971.
- BRASIL. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA**. 2018. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/portal/>>. Acesso em: 17 de fev. 2023.
- BRANDÃO, R. de L.; Geodiversidade do estado do Ceará. *In*: BRANDÃO, R. de L.; FREITAS, L. C.

B. Programa Geologia do Brasil: Levantamento da Geodiversidade. Fortaleza: CPRM, 2014. p. 214.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.

CLAUDINO-SALES, V. C. **Les Littoraux du Ceará:** evolution géomorphologique de la zone côtière de L'Etat du Ceará, Brésil- du long terme au court terme. 2002. 524f. Tese (Doutorado em Geografia Ambiental). Universidade Paris-Sorbonne, Paris, 2002.

CLAUDINO-SALES, V. C.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, p. 2-22, 2007.

COSTA, L. R. F. da.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. de. Geomorfologia do Nordeste setentrional brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 1, p.185-208, 2020.

CPRM. **Projeto Geobank**. 2010. Disponível em: <<https://www.geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, Embrapa, 2018.

FARIAS, J. F.; SILVA, E. V. da.; NASCIMENTO, F. R. do. Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 3, n. 6, p. 14-27, 2015.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia. **Ações de recuperação de área degradada realizadas pela Funceme proporcionam melhoria na qualidade de vida em comunidade de Jaguaribe**. Fortaleza: Funceme, 2019.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia. **Zoneamento Ecológico-Econômico das Áreas Suscetíveis à Desertificação: núcleo 1 (Irauçuba / Centro Norte)**. Fortaleza: Funceme, 2015.

GOUDIE, A. The human impact in geomorphology – 50 years of change. **Geomorphology**, v. 366, p.106601, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X18304847>>. Acesso em: 06 de mar. 2023.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **As regiões de planejamento do estado do Ceará**. Fortaleza: IPECE, 2015. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD_111.pdf> Acesso em: 06 de mar. 2023.

IPECE. Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Atlas geológico e da mineração do Ceará**. IPECE, 2019. Disponível em: <http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/black_gm.phtml>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

IBGE. **Banco de Informações Ambientais – BdiA**. 2015. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 07 de fev. 2023

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

LIMA, I. M. M. F. Bacia hidrográfica do Rio Poti: ambientes e paisagens de transição. *In*: LIMA, I. M. M. F; ALBUQUERQUE, E. L. S. **Rio Poti: caminho de suas águas**. Teresina: Edufpi, 2020. P.15-63.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: o relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 3, p.375 – 397, 2016.

MANHÃES, N. L. P.; SANTOS, R. A. **Avaliação do potencial aurífero nos sedimentos aluviais no vale do rio Poti**. 2022. 99f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

MOURA-FÉ, M. M. de. Planalto, cuesta, glint: a Geomorfologia da Ibiapaba Setentrional (região noroeste do Ceará, Brasil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 06, p.1846-1858, 2017.

PEREIRA, M. A. de S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; TELES, A. P. S.; AYRES, F. M. Caracterização ambiental do uso e ocupação do solo das áreas de influência em municípios da Rota de Integração Latino-Americana. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 255-266, 2019.

PROJETO MAPBIOMAS. **O Projeto**. 2021. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/o-projeto>>. Acesso em: 06 de mar. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985 - 2021)**. 2021. Disponível em: <https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-lulc.js>. Acesso em: 03 de abr. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. **Descrição de Legenda: Coleção 7.0**. 2021. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>>. Acesso em: 03 de abr. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. **Plataforma**. 2021. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 03 de abr. 2023

PEULVAST, J.P.; VANNEY, J.R. **Géomorphologie Structurale**, tome 1. Relief et structure. Paris: Gordon and Breach, 2001.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.

Ross, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p.63-74, 1994.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p.385- 405, 2019.