ARTIGO DE PESQUISA

Análise integrada e identificação de indicadores antropogênicos na Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (Piauí/Brasil)

Integrated analysis and identification of anthropogenic indicators in the Cardoso/Camurupim River Basin (Piauí/Brazil)

Análisis integrado y identificación de indicadores antropogénicos en la cuenca del río Cardoso/Camurupim (Piauí/Brasil)

HIKARO KAYO DE BRITO NUNES

Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

RONEIDE DOS SANTOS SOUSA

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Recebido em: 09/03/2026
Aprovado em: 11/05/2026
Editora responsável: Grace B. Alves

Como citar (ABNT)
NUNES, Hikaro Kayo de Brito; SOUSA, Roneide dos Santos. Análise integrada e identificação de indicadores antropogênicos na Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (Piauí/Brasil). Revista da ANPEGE, [S. l.], v. 22, n. 47, e21269, 2026. DOI: 10.5418/ra2026.v22i47.21269. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/anpege/article/view/21269. Acesso em: XX mês abreviado 20XX.

Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional CC BY – permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

A Revista da ANPEGE não se responsabiliza por opiniões, ideias e conceitos emitidos pelos autores dos textos, assim como por conflitos de interesse entre autores, financiadores, patrocinadores e outros eventualmente envolvidos e/ou citados nos textos. Os autores asseguram que atendem as políticas editoriais e que o artigo não viola direitos autorais e que não há plágio no trabalho, responsabilizando-se pela utilização de fotos, imagens, remissões e traduções, entre outros materiais.

RESUMO: A intensificação do uso dos recursos naturais em bacias hidrográficas costeiras tem ampliado os níveis de antropização e modificado significativamente a dinâmica dos sistemas ambientais, sobretudo em áreas úmidas associadas a ambientes litorâneos. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo realizar análise integrada dos componentes físico-naturais como subsídio para a identificação de indicadores antropogênicos na Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (Piauí), com atenção especial à sua área úmida. Metodologicamente foram realizadas atividades de gabinete e campo, envolvendo revisão bibliográfica, análise integrada da paisagem e aplicação de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, utilizando o Google Earth e o software QGIS 3.44 (versão Solothurn). A partir desses procedimentos foram identificados nove indicadores antropogênicos distribuídos ao longo da bacia. Os resultados evidenciam uma distribuição espacial desigual dos indicadores antropogênicos na bacia, com maior concentração no baixo curso e na área estuarina, onde se destacam atividades associadas à carcinicultura, infraestrutura viária e captação hídrica. Nos setores médio e alto da bacia predominam intervenções relacionadas ao armazenamento hídrico, captação de água subterrânea e mineração. Esses padrões demonstram que a antropização da BHCC está diretamente condicionada pelas características físico-naturais da bacia, especialmente pelas unidades geomorfológicas, litológicas e hidrológicas.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica Cardoso/Camurupim; Interferências antropogênicas; Geomorfologia.

ABSTRACT: The intensification of the use of natural resources in coastal river basins has increased levels of human impact and significantly modified the dynamics of environmental systems, especially in wetlands associated with coastal environments. Therefore, this study aims to conduct an integrated analysis of physical-natural components to support the identification of anthropogenic indicators in the Cardoso/Camurupim River Basin (Piauí), with special attention to its wetland area. Methodologically, office and field activities were

carried out, involving a literature review, integrated landscape analysis, and the application of geoprocessing techniques in a GIS environment, using Google Earth and QGIS 3.44 software (Solothurn version). From these procedures, nine anthropogenic indicators distributed throughout the basin were identified. The results show an uneven spatial distribution of anthropogenic indicators in the basin, with a higher concentration in the lower course and estuarine area, where activities associated with shrimp farming, road infrastructure, and water abstraction stand out. In the middle and upper sectors of the basin, interventions related to water storage, groundwater extraction, and mining predominate. These patterns demonstrate that the anthropization of the BHCC (Hydrographic Basin of the Central Coast) is directly conditioned by the physical and natural characteristics of the basin, especially by its geomorphological, lithological, and hydrological units.

Keywords: Cardoso/Camurupim Hydrographic Basin; Anthropogenic interferences; Geomorphology.

RESUMEN: La intensificación del uso de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas costeras ha incrementado los niveles de impacto humano y modificado significativamente la dinámica de los sistemas ambientales, especialmente en humedales asociados a ambientes costeros. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo realizar un análisis integrado de los componentes físico-naturales para sustentar la identificación de indicadores antropogénicos en la cuenca del río Cardoso/Camurupim (Piauí), con especial atención a su área de humedales. Metodológicamente, se llevaron a cabo actividades de gabinete y de campo, que incluyeron una revisión bibliográfica, un análisis integrado del paisaje y la aplicación de técnicas de geoprocesamiento en un entorno SIG, utilizando el software Google Earth y QGIS 3.44 (versión Solothurn). A partir de estos procedimientos, se identificaron nueve indicadores antropogénicos distribuidos a lo largo de la cuenca. Los resultados muestran una distribución espacial desigual de los indicadores antropogénicos en la cuenca, con una mayor concentración en el curso bajo y la zona estuarina, donde se destacan las actividades asociadas con el cultivo de

camarón, la infraestructura vial y la extracción de agua. En los sectores medio y alto de la cuenca, predominan las intervenciones relacionadas con el almacenamiento de agua, la extracción de aguas subterráneas y la minería. Estos patrones demuestran que la antropización de la Cuenca Hidrográfica del Litoral Central (BHCC) está directamente condicionada por las características físicas y naturales de la cuenca, especialmente por sus unidades geomorfológicas, litológicas e hidrológicas.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica Cardoso/Camurupim; Interferencias antropogénicas; Geomorfología.

Introdução

Com aproximadamente 66 km de extensão, a zona costeira do estado do Piauí possui um conjunto de particularidades ambientais que confere elevada complexidade paisagística à região, sobretudo quando consideradas as feições geomorfológicas e as bacias hidrográficas costeiras, como as bacias do Portinho, Timonha/Ubatuba/Carpina e Cardoso/Camurupim. Estas duas últimas formam importantes sistemas estuarinos que, conforme Paula (2013), representam os principais sistemas continentais contributivos de sedimentos para parte da zona costeira piauiense.

Por constituírem zonas de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, estas bacias se inserem em uma paisagem costeira geológica recente associada à Formação Barreiras, no Nordeste Setentrional do Brasil. Essa paisagem é marcada por uma variedade de feições geomorfológicas, como praias arenosas baixas, recifes de arenito, sistemas estuarinos e marinhos complexos, lagoas costeiras, planícies de marés, esporões arenosos (*spits*), extensos campos dunares, planície deltaica, dentre outras, resultantes da ação conjugada de ondas, correntes costeiras, ação fluvial e outros fatores climato-meteorológicos (Cavalcanti, 2000; Baptista, 2010; Paula, 2013; Sousa, 2019; Silva, Lima, 2020). Somam-se a esses fatores as variações do nível do mar durante o Quaternário e as interferências antrópicas associadas ao Quinário-Tecnógeno.

No que se refere à Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (BHCC), formada pelos canais principais dos rios Cardoso e Camurupim, sua foz forma um sistema estuarino com exutório no Oceano Atlântico. Além disso, parte de sua área está inserida na zona úmida (*wetlands*) denominada Estuário do Amazonas e seus Manguezais, reconhecida como Sítio Ramsar Regional desde 19 de março de 2018 (RAMSAR, 2018). A esse respeito, adota-se a definição apresentada em Junk (2024, p. 37) associada à concepção do Comitê Nacional de Zonas Úmidas de que as Áreas Úmidas (AU) referem-se a ecossistemas que estão na interação entre ambientes "terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica".

Frente a heterogeneidade inerente às AUs (Gomes; Magalhães Junior, 2017; Guasselli; Simioni, 2018; Von Sperling; Sezerino, 2018; Silva; Souza; Guerra, 2023; Wang, et al., 2025), no Brasil foi estabelecida uma classificação hierárquica estruturada em três sistemas (costeiros, interiores e antropogênicos), subdivididos em subsistemas, ordens, subordens e classes, principalmente ao levar em conta as características hidrológicas. Junk (2024) destaca a importância da variável extensão ao se examinar as AUs, a exemplo das pequenas e dotadas de estruturas simples – como as ripárias e áreas hipersalinas –, ao passo que existem as grandes e complexas paisagens úmidas (de centenas a milhares de quilômetros quadrados).

Segundo Sousa (2019), o baixo curso da BHCC é formada por um complexo fluviomarinho composto por bosque de manguezais, apicuns, salgados, campos de dunas ativas, planície de deflação eólica e densa cobertura vegetal do tipo savânica. A autora destaca ainda que as interferências antrópicas sobre a paisagem costeira têm provocado alterações nas funções ambientais, principalmente vinculada à dinâmica de matéria e energia.

Nesse sentido, Meireles e Campos (2010) e Sousa (2019) elencaram para a BHCC uma elevada diversidade de funções e serviços ambientais que mantêm os complexos estuarinos como sistemas integrados. Ainda sobre a área, frisa-se a existência de pressões antrópicas associadas às atividades como extração mineral, atividades turísticas, edificações em áreas irregulares, aquicultura e retirada de madeira, a exemplo de interferências

antropogênicas que atuam, de maneira direta e indireta, em alterações nas taxas de balanço de matéria e energia, tanto superficialmente quanto subsuperficialmente, o que, segundo Monteiro (2001), auxilia no entendimento sobre derivações antropogênicas.

A relevância ambiental da área também se justifica pela presença de importantes instrumentos de proteção territorial. Parte da bacia encontra-se inserida na zona úmida Estuário do Amazonas e seus Manguezais (de aproximadamente 38.502 km², 171 km² estão inseridos na porção Norte/Nordeste da BHCC). Além disso, há sobreposição parcial com a Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba e com a APA da Ibiapaba (de aproximadamente 1.687 km², 201 km² estão inseridos na porção Leste/Sudeste da BHCC). Assim, cerca de 43,7% da BHCC está introduzida em espaços que visam a proteção da diversidade biológica, tal como a necessária regulação da ocupação para a garantia do uso sustentável dos recursos naturais. Apesar da relevância ambiental dessa bacia hidrográfica e da presença de importantes instrumentos de proteção territorial, ainda são escassos estudos que integrem a análise dos componentes físico-naturais à identificação e mensuração de indicadores antropogênicos em bacias hidrográficas costeiras do litoral piauiense.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar análise integrada dos componentes físico-naturais como subsídio para a identificação de indicadores antropogênicos na Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (Piauí), com atenção especial à sua área úmida.

2 Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim (BHCC) possui área de 852km², perímetro de 193 km e formato alongado no sentido sudoeste-nordeste, apresentando largura máxima de 32 km e mínima de 5 km (**Figura 1**). Apesar da diversidade de características físico-naturais presentes, a bacia ainda é relativamente carente de estudos voltados à análise integrada do ambiente, com destaque para as obras de Sousa (2019), Sousa e Rocha (2024a; 2024b) e Bacelar, Sousa e Sousa (2024). A ocorrência de litologias sedimentares, metamórficas e magmáticas, associadas a lineamentos estruturais e afloramentos rochosos, contribui para a gênese de diferentes unidades de paisagens, conferindo à BHCC elevado potencial para estudos voltados a análise integrada dos sistemas ambientais.

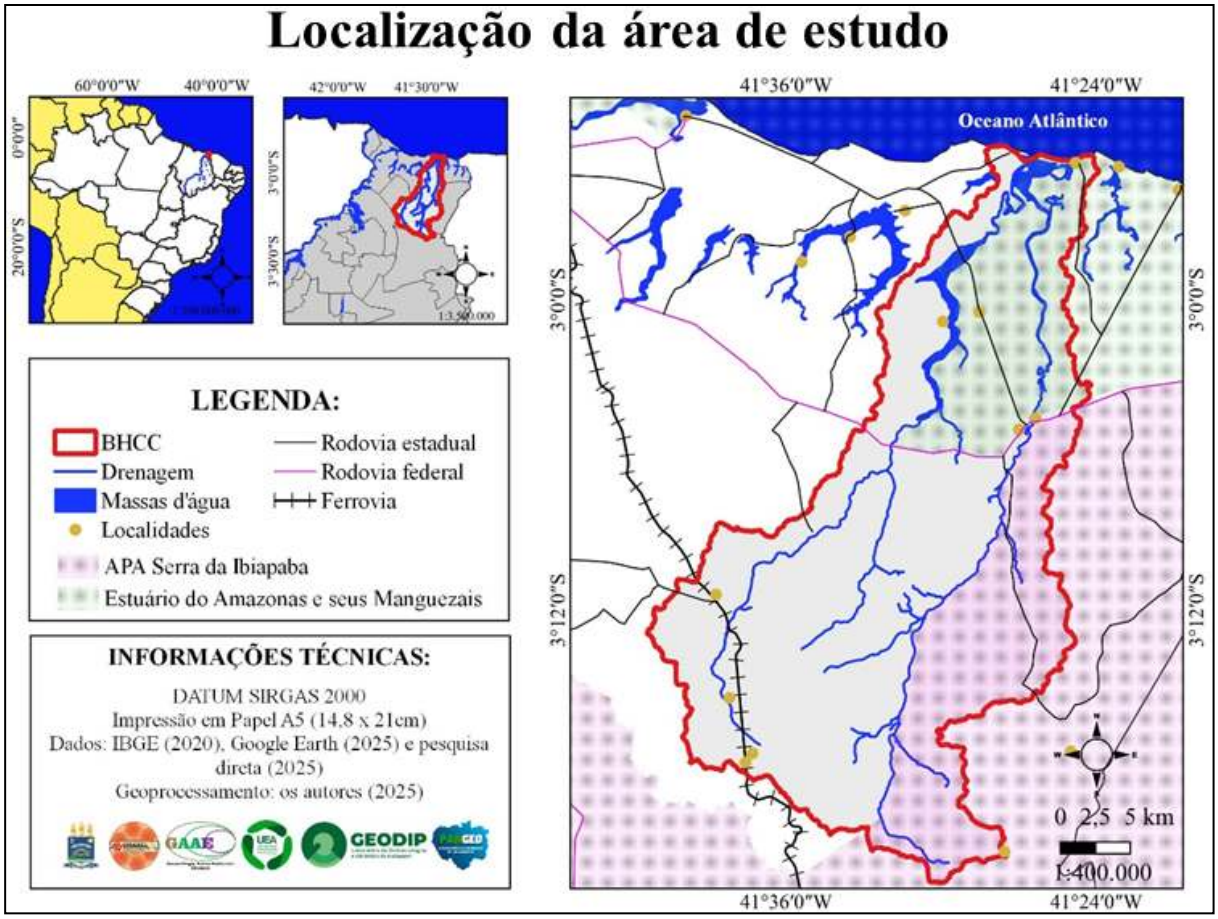


Figura 1. Localização da área de estudo. Organização: Nunes e Sousa (2026).

Localizada na porção Centro-Norte piauiense, possui as nascentes principais nos municípios de Cocal e Bom Princípio do Piauí, territórios em que estão inseridos o alto curso e parte do médio curso, este último, juntamente com o baixo curso, localizados nos municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia, trecho em que é formado o ambiente estuarino até desaguar no mar. Nessa porção da bacia se encontram importantes áreas turísticas do litoral piauiense, como as praias de Maramar, Macapá, Mangue Seco e Barra Grande. Os municípios abrangidos apresentam características populacionais distintas. De acordo com o IBGE (2022), Bom Princípio do Piauí, Cajueiro da Praia, Cocal e Luís Correia possuem população de 5.636; 7.957; 28.212 e 30.641 habitantes, respectivamente. Em relação ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), os valores registrados em 2010 foram de 0,532; 0,546; 0,497 e 0,541; classificando-se entre “muito baixo” e “baixo”.

A bacia apresenta ainda uma rede de localidades e povoados distribuídos ao longo de seu território, como Campo Redondo, Campos de Umarizeira, São Miguel, Camurupim, Jacobina e Mexiriqueira. Do ponto de vista da infraestrutura viária, destacam-se rodovias estaduais (como PI-116 e PI-302), federais (como BR-402), além de inúmeras estradas vicinais que conectam as áreas rurais aos centros urbanos. Administrativamente, a área de estudo está inserida na Região Geográfica Intermediária e Imediata de Parnaíba – principal centro urbano do litoral piauiense – bem como no Território de Desenvolvimento Planície Litorânea.

3 Materiais e Métodos

No que diz respeito aos aspectos metodológicos, o presente estudo recorreu a uma série de procedimentos instrumentais para o alcance do objetivo proposto. Inicialmente, realizou-se levantamento teórico-conceitual e revisão bibliográfica sobre a área de estudo e sobre abordagens relacionadas à análise integrada do ambiente e à identificação de indicadores antropogênicos. Em seguida, procedeu-se a delimitação da área de estudo e a seleção de indicadores antropogênicos que pudessem retratar fielmente as formas de uso e ocupação da área de estudo. A definição dos indicadores antropogênicos baseou-se em adaptações metodológicas propostas por Monteiro (2001), Ponte e Szlafsztein (2022) e Nunes e Bastos (2024), considerando as especificidades ambientais da bacia. Diante disso, foram selecionados nove indicadores, conforme apresentado no **Quadro 1**, bem como suas respectivas fontes de dados e formas de obtenção.

Quadro 1. Descrição dos indicadores antropogênicos e respectivas fontes de dados e obtenção.

Indicadores antropogênicos	Fonte de dados	Obtenção e análise prévia
Sítios arqueológicos (sambaquis)	Cadastro de Sítios Arqueológicos (CSA) do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e Carvalho Junior (2019)	A partir destas fontes de dados, recorreu-se a identificação das respectivas localizações e inclusão junto ao Google Earth a partir da elaboração de vetores dos tipos ponto e polígono (arquivo .kml).
Captação de água subterrânea (poços)	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM)	
Mineração	Cadastro Mineiro da Agência Nacional de Mineração (ANM) e pesquisa de campo	
Aterro/barramento	Imagens de satélite e pesquisa de campo	Por meio de imagens de satélite disponibilizadas junto ao Google Earth em períodos chuvosos e secos, buscou-se, manualmente, a localização dos indicadores. Posteriormente houve a elaboração de vetores dos tipos ponto e polígono (arquivo .kml).
Condutos		
Tanques/açudes		
Canais (carcinicultura)		
Tanques (carcinicultura)		
Captação de água (carcinicultura)		

Organização: Nunes e Sousa (2026).

A partir da distribuição espacial preliminar dos indicadores, foi elaborado um mapa prévio (Escala 1:210.000) com a referida espacialização, relacionando com os mapas temáticos de Geologia e Geomorfologia (CPRM, 2009), Hidrografia (Catálogo de Metadados da ANA, além do Google Earth), Pedologia (EMBRAPA, 2018, além do Banco de Dados de Informações Ambientais/BDia) e Feições vegetacionais (BDia). Informações sobre a rede viária e localização de povoados, foram obtidas a partir de dados disponibilizados pelo Google Earth.

Com os respectivos dados, cada indicador foi quantificado quanto à sua ocorrência e dimensão espacial sendo posteriormente manipulado em ambiente de Sistema de Informação geográfica (SIG) por meio do software QGIS 3.44.4 (versão Solothurn), com escala cartográfica de 1:500.000 e sistema de coordenadas SIRGAS 2000. A verificação das informações obtidas foi complementada em atividade de campo realizada no período seco (tendo em vista maior facilidade de observação da maioria dos indicadores). A referida atividade contou com uso de veículos, receptor GPS Garmin E-trex 20x, trenas e blocos de anotações, permitindo o registro e a validação das feições previamente identificadas em gabinete.

Por fim, reforça-se que a análise dos dados fez uso da abordagem da análise integrada do ambiente associada a estratégias quali-quantitativas, conforme os pressupostos teóricos-metodológicos propostos por Bertrand (1972), Monteiro (2000; 2001), Conti (2001), Rodrigues (2005), Christopherson e Birkeland (2012) e Peloggia (2017).

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise integrada e gênese das paisagens naturais

Com uma diversidade geológica típica de áreas próximas ao contato continente-oceano (Bird, 2008; Meireles, 2014), a BHCC está inserida em diferentes unidades litológicas que auxiliam na compreensão da gênese da paisagem regional.

No extremo Sul e Sudoeste predomina o Grupo Serra Grande, datado do Landoveriano, com arenito, folhelho, siltito arenoso e conglomerado clásticos (Góes; Feijó, 1994; Vaz *et al*., 2007; Prochoroff; Brilha, 2017; Barros, 2022); ao passo que em uma área isolada na borda Sul há Depósitos colúvio-eluviais datados do Mioceno e presença de areia, argila, cascalho e laterita (Bezerra, et al., 2022), sob formação residual. Na borda Sudeste presença da Formação Granja, datada do Sideriano e com migmatito, metagranito, metagranodiorito, metatonalito (Bezerra *et al*., 2022), enquanto no Centro-Sul, há a Suíte intrusiva de Chaval, do Ediacarano, com granodiorito, quartzo sienito, quartzo monzonito (Gorayeb; Lima, 2014), acompanhando parte significativa do rio Camurupim e seus principais afluentes. Estas formações geológicas são delimitadas a Sudeste pela Zona de Cisalhamento Santa Rosa, de característica transcorrente dextral.

Contribuindo com a diversidade geológica da BHCC, a Formação Barreiras, datada do Plioceno e com ambiente de sedimentação continental associado a um sistema fluvial entrelaçado com barras arenosas, bem como ao processo de flexura marginal, possui predominância de arenito, argilito, siltito e conglomerado (Pfaltzgraff; Torres; Brandão, 2010), sendo encontrada na maior parte da área, sobretudo nas porções Centro e Centro-Norte, acompanhando grande parte do médio curso da bacia. Ao Norte existem os Depósitos aluvionares, datados do Holoceno, com ambiente de sedimentação continental associado a um sistema fluvial anastamosado e dunas subaquosas, e predominância de areia, argila, silte e cascalho (Pfaltzgraff; Torres; Brandão, 2010) no baixo curso da bacia, tal como no ambiente estuarino; e a Noroeste com os Depósitos litorâneos, vinculados ao Holoceno, com presença de areia e argila (Pfaltzgraff; Torres; Brandão, 2010) já no ambiente praial. Estas três unidades geológicas estão presentes na área úmida.

Sobre a produtividade hidrogeológica, as características da bacia estão associadas ao caráter de porosidade e permeabilidade da litologia presente, e, diante disso, a produtividade é geralmente muito baixa, porém localmente baixa, o que influencia diretamente na quantidade, espacialidade e profundidade dos poços tubulares, tal como a qualidade da água subterrânea. Há dois domínios hidrogeológicos, um vinculado às rochas sedimentares (Formação Barreiras e Depósitos aluvionares) e outro de rochas cristalinas (aquífero fissural) que representam 36% da área da BHCC. A **Figura 2** ilustra a síntese dos aspectos físico-naturais da área.

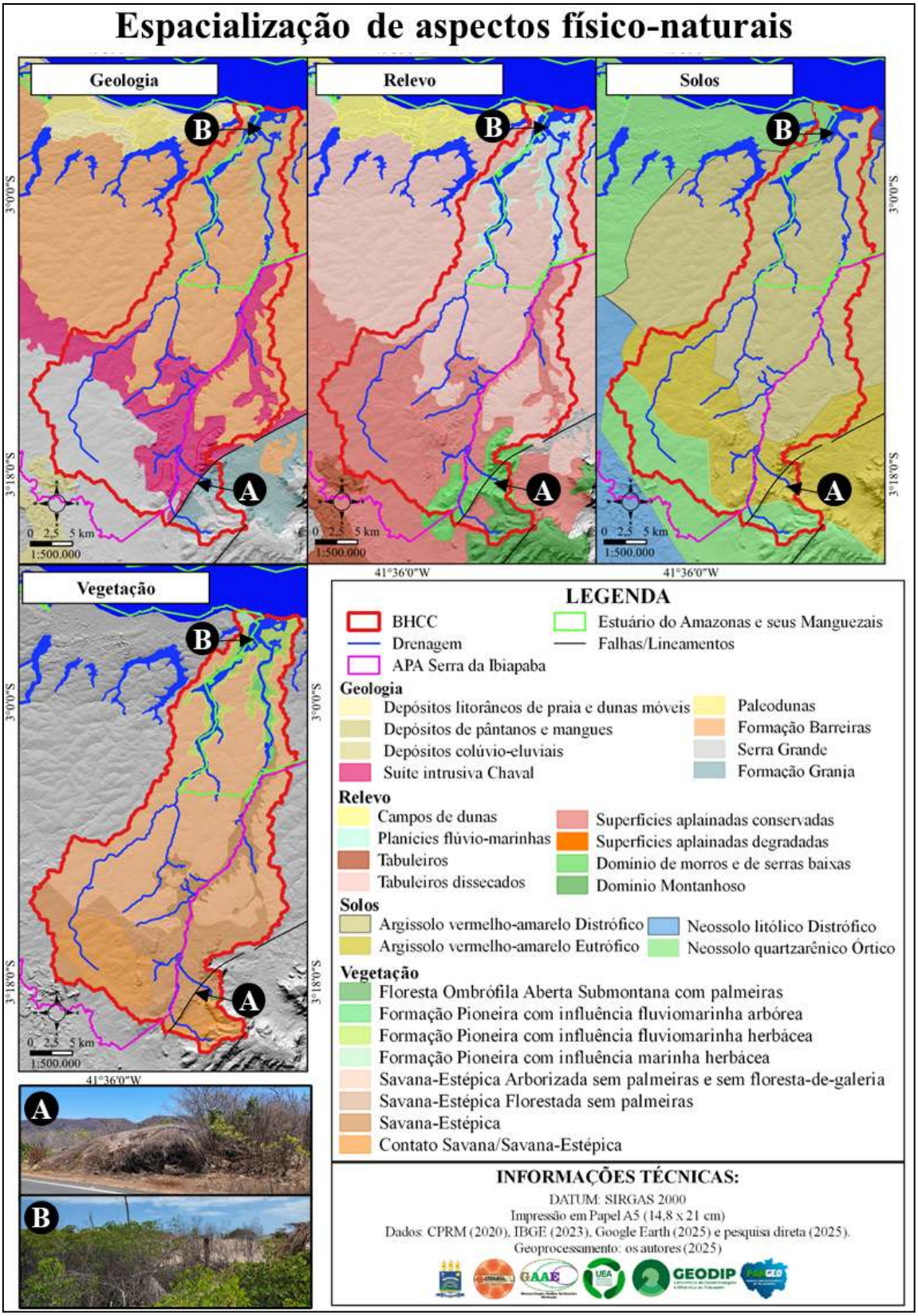


Figura 2. Síntese dos aspectos físico-naturais da BHCC, com destaque para as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e vegetacionais e paisagens representativas. Organização: Nunes e Sousa (2026).

Salienta-se que parte da área de estudo possui relevo rebaixado em virtude da flexura marginal da costa, tal como a inversão do relevo da Bacia Sedimentar do Parnaíba, além de que a desembocadura fluvial da BHCC teve, ao longo das últimas três décadas, forte alteração com recuo de 550m (Paula, 2013).

Frente a isto, estão dispostas na BHCC (CPRM, 2009) sete unidades de relevo incluídas em sistemas geomorfológicos específicos. Os relevos de agradação, estão dispostos sob Campo de Dunas – declividade entre 3 e 30º e amplitude de 5 a 40m, localizados no extremo Noroeste da área de estudo em sintonia litológica com os Depósitos litorâneos de praia e dunas móveis –; além de Planícies flúvio-marinhas, com declividade e amplitude iguais a zero e localizadas em faixa de terras do baixo curso dos canais principais da BHCC, sustentadas por Depósitos de pântanos e mangues.

Já os relevos de degradação sobre terrenos sedimentares, listam-se: os Tabuleiros e Tabuleiros dissecados – ambos com declividade entre 0 e 3º e amplitude de 20 a 50m –, os primeiros em uma pequena área (em área de Depósitos colúvio-eluviais) a Sudoeste da BHCC, enquanto os segundos (sustentados pela Formação Barreiras) nas faixas de alto e médio cursos da bacia; tal como as Superfícies aplainadas conservadas, com declividade de 0 a 5º e amplitude entre 0 e 10m sob a Formação Serra Grande. Juntos, estes três relevos ocupam mais de 80% da BHCC, reforçando o caráter degradacional em que as litologias sedimentares estão expostas.

Por fim, os relevos de degradação em áreas montanhosas são aqueles com as maiores cotas altimétricas na BHCC e auxiliam como divisor topográfico a Sul e Sudeste. No extremo Sudeste há o Domínio montanhoso – declividade entre 25º e 45º, além de amplitude de 300 a 700m – sustentado no contato da Formação Granja (metamórfica) com a Formação Serra Grande (sedimentar); enquanto que na porção circundante Oeste há o Domínio de morros e de serras baixas – com declividade entre 15º e 35º e amplitude 80 a 200m –, sendo sustentado pela Suíte intrusiva Chaval e com a presença da Zona de Cisalhamento Santa Rosa, auxiliando na divisão entre as respectivas unidades de relevo.

As serras do Olho d'água, do Chumbo, da Mata Fria, de São Domingos e da Lagoa auxiliam no divisor topográfico da BHCC na porção Sudeste, e, em que pese a drenagem, os cursos principais dos rios Cardoso (Riacho do Juazeiro e Riacho da Cachoeira, enquanto maiores afluentes) e Camurupim (Riacho do Molha e Riacho São Bento, como principais afluentes) possuem nascentes no município de Bom Princípio do Piauí em área de contato entre feições de relevo conservadas da Formação Barreiras e aquelas conservadas e dissecadas do embasamento cristalino, de modo que o escoamento superficial é marcado pelo fator geológico – inclusive pelo fato de parte do canal do Camurupim escoar por falhas até o estuário, área que possui depósitos de paleomangue –, e que, influenciados pelas regressões e transgressões marinhas ocorridas no Quaternário, facilitou a formação de barras arenosas nas desembocaduras (Paula, 2013; Sousa, 2019; Silva; Lima, 2020).

A BHCC conta principalmente com três tipos de solos (Argissolo vermelho-amarelo Distrófico, Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico e Neossolo quartzarênico Órtico), com predominância dos dois primeiros, ao passo que o último é encontrado na borda Sul do divisor topográfico e próximo ao exutório.

Sobre as feições vegetacionais, são identificadas um total de oito, com predomínio de Savana-Estépica Florestada sem palmeiras; Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria; Savana estépica, além de Contato Savana/Savana estépica, esta última acompanhando apenas o médio curso do rio Camurupim. Acrescentam-se ainda Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras (na porção Sudeste); Formação Pioneira com influência marinha herbácea (no campo de dunas), bem como Formação Pioneira com influência

fluviomarinha arbórea e Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea, que, juntas, acompanham a faixa de baixos cursos dos rios Cardoso e Camurupim, sendo mais exibidas no estuário.

Os referidos aspectos estão expostos ao tipo climático predominante (Subúmido seco) juntamente com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) – principal regime pluviométrico –, além da influência de Linhas de Instabilidade (LIs), do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) e dos sistemas de ventos e brisas marítimas e terrestres, influenciados pela Temperatura Superficial do Mar (TSM).

A interação entre litologia, estrutura geológica, dinâmica climática e processos costeiros contribui para a configuração de um sistema paisagístico complexo, no qual diferentes unidades ambientais se articulam ao longo da bacia hidrográfica.

4.2 Indicadores antropogênicos

A definição dos indicadores antropogênicos decorreu das características da área de estudo, principalmente no que se refere aos elementos físico-naturais e às formas de uso, ocupação e cobertura da terra. A análise desses indicadores permitiu identificar diferentes formas de intervenção humana na BHCC, distribuídas de forma desigual ao longo da bacia e fortemente condicionadas pelas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, vegetacionais e hidrológicas.

4.2.1 Sítios arqueológicos (sambaquis)

A partir de levantamentos teóricos e documentais no CSA/IPHAN e em Carvalho Junior (2019), foram identificados oito sítios arqueológicos (sambaquis). Os sambaquis são (**Figura 3**), conforme Gaspar (2004) e Lucena, Rios e Nogueira (2021), um tipo de sítio arqueológico encontrado principalmente na faixa litorânea e se caracterizam como estruturas (elevadas e de formas e dimensões variáveis) construídas intencionalmente por homens pré-históricos com a presença de materiais como conchas, mariscos e cerâmicas. Por se constituírem como feições elevadas e típicas de deposição de materiais distintos, geomorfologicamente configura-se como originada por processo agradacional.



Figura 3. Espacialização dos sambaquis no estuário (e entorno) da BHCC, conforme identificação realizada por Carvalho Junior (2019). Fonte: Carvalho Junior (2019) e Google Earth (2025). Organização: Nunes e Sousa (2026).

Os sambaquis identificados foram: Sambaqui da Baixa Fria e Sambaqui do Toco (ambos em área de depósitos litorâneos) na margem esquerda da foz do estuário; Sambaqui do Adorno e Sambaqui dos Japoneses (ambos em área de depósitos aluvionares) na margem direita da foz; além do Sambaqui da Passagem, Sambaqui da Praia, Sambaqui do Mangue Seco e Sambaqui da Estaca, localizados na barra arenosa central do estuário e que, considerando a dinâmica da maré, há dificuldades de acesso. Apenas os localizados na margem esquerda do estuário não estão inseridos na área úmida.

Todos estão incluídos em Campo de Dunas ou em Planícies flúvio-marinhas, ao passo que há a ocorrência superficial de areia inconsolidada, gleissolos sálico e neossolo quartzarênico, além de associações de vegetação higrófila de várzea (vegetação pioneira) de influência flúvio-lacustre.

A distribuição dos indicadores antropogênicos na bacia revela estratégias de ocupação distintas em função da compartimentação ambiental. Enquanto os Sambaquis da Baixa Fria e do Toco (margem esquerda) situam-se em depósitos litorâneos estáveis e fora da área úmida, os sítios localizados na barra arenosa central (Sambaquis da Passagem, da Praia, do Mangue Seco e da Estaca) estão intrinsecamente vinculados à morfodinâmica estuarina. Nestes pontos, a interação constante entre correntes fluviais e fluxos de maré não apenas condiciona a evolução de Gleissolos Sálicos e da vegetação higrófila pioneira, mas impõe uma dinâmica de acesso restrita. Essa complexidade morfodinâmica atua como um mecanismo de controle ambiental, de modo que ao dificultar a antropização contemporânea, acaba por exercer um papel fundamental na preservação do registro arqueológico pretérito em meio às variações sedimentares do sistema.

No que diz respeito às interferências antropogênicas recentes, que ameaçam fortemente os respectivos sítios, destacam-se as ocupações urbanas, empreendimentos hoteleiros, abertura de vias de acesso e uso de

transportes/veículos nas faixas de praia, além da mudança da linha de costa na Praia de Macapá e entorno, como destacam Paula (2013) e Carvalho Junior (2019). Ainda conforme os autores, estes sambaquis possuem restos de moluscos e fragmentos cerâmicos com idades ente 410 e 2700 anos, além de estarem a aproximadamente 11 m de altitude, o que indica, há, no mínimo 400 anos, um nível marinho mais elevado ou semelhante ao nível atual.

4.2.2 Captação de água subterrânea (poços)

Com 75 poços oficialmente cadastrados no SIAGAS/SGB, a BHCC conta com uma espacialização dos poços tubulares condizente com as ocupações humanas, considerando os núcleos urbanos e rurais. Em relação à dimensão litológica, os poços estão localizados no Grupo Serra Grande, na Suíte Intrusiva de Chaval, na Formação Barreiras e nos Depósitos aluvionares, com predominância no primeiro. A produtividade hidrogeológica, classificada, em geral, como muito baixa, e localmente, como baixa, condiciona diretamente a profudidade, a distribuição e o aproveitamento desses poços, bem como a qualidade da água subterrânea (**Figura 4**).

A captação/exploração de água subterrânea atende principalmente ao abastecimento humano e à irrigação, especialmente na área rural, onde se observam extensas áreas de cultivos agrícolas. Do ponto de vista geomorfológico, a perfuração de poços pode ser compreendida como feição degradacional, tendo em vista a retirada de material subterrâneo e subsuperficial durante a perfuração. Do total de poços cadastrados, 11 estão inseridos na área úmida, principalmente para o abastecimento do bairro Barra Grande (importante ponto turístico do estado do Piauí) e de comunidades como Camurupim.

Geomorfologicamente, os poços estão localizados em quase todas as unidades de relevo, com exceção dos Tabuleiros e do Campo de Dunas; ao passo que houve perfuração em todas as classes de solos da área (Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Sálico, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico e Plintossolo Pétrico), tal como em todas as feições vegetacionais, com exceção da Formação Pioneira com influência marinha herbácea (recobrindo o Campo de Dunas), da Formação Pioneira com influência fluviomarinha arbórea (margeando os canais principais) e a Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras (área sem aparente ocupação humana).



Figura 7. Exemplares de condutos. Em A, em afluente do rio Cardoso; e, em B, conduto/passagem molhada no canal do rio Cardoso. Em azul, sentido do fluxo da drenagem. Fonte: Nunes e Sousa (2026).

A supracitada estrutura é feita principalmente para o encurtamento de distância e a superação das barreiras naturais causadas pela drenagem superficial tanto dos canais principais quanto dos seus afluentes, como próximo aos povoados Camurupim e Mexiriqueira (Luís Correia) e Córrego dos Cardosos (Bom Princípio do Piauí).

Geomorfologicamente, os condutos estão em Planícies flúvio-marinhas, Superfícies aplainadas conservadas, Superfícies aplainadas degradadas, Tabuleiros dissecados, Domínio de morros e de serras baixas, e Domínio Montanhoso; pedologicamente com Argissolo vermelho-amarelo Distrófico, Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico e Neossolo quartzarênico Órtico; e, vegetacionalmente em Contato Savana/Savana estépica, Savana estépica, Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea, Formação Pioneira com influência marinha herbácea, Savana-Estépica Florestada sem palmeiras, e Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria.

Ao confinar o fluxo hídrico em estruturas rígidas, interrompe-se a conectividade lateral entre o canal e suas planícies de inundação, o que eleva a vulnerabilidade a jusante devido à aceleração da velocidade do fluxo e ao aumento do poder erosivo das águas. Sob a perspectiva sistêmica, essas tubulações funcionam como pontos de estrangulamento que modificam o balanço de matéria e energia, comprometendo o equilíbrio biogeoquímico das áreas úmidas e das formações pioneiras, que dependem da pulsação natural das cheias para sua manutenção funcional.

4.2.6 Tanques/açudes

Dispostos principalmente nos Médio e Alto cursos da BHCC, notadamente na porção Sudeste, os 73 tanques/açudes estão situados litologicamente no Grupo Serra Grande, na Formação Granja, na Suíte intrusiva de Chaval e na Formação Barreiras; e, geomorfologicamente, em Superfícies aplainadas conservadas, Superfícies aplainadas degradadas, Tabuleiros dissecados, e Domínio Montanhoso.

As referidas feições possuem finalidades distintas, mas, em grande parte, voltadas para pecuária, agricultura e psicultura **(Figura 8**), esta última, inclusive, com feições características tendo em vista seus formatos alongados. Destaque para o Açude Campo do Meio em Bom Princípio do Piauí (recentemente foi integrado ao Programa Água Doce, que visa melhorar o acesso à água potável em comunidades) e o Açudão Umarizeiras em Cocal (funciona como uma reserva crítica durante os períodos de estiagem). Embora menores que as grandes barragens monitoradas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), por exemplo, estes reservatórios são vitais para o balanço hídrico municipal, sofrendo variações significativas de volume conforme o regime de chuvas.



Figura 8. Evolução temporal da construção de dois açudes no Povoado Campo Redondo. Em A, 2021; em B, 2022; e, em C, 2025. Fonte: Google Earth (imagens de 17/05/2021; 01/12/2022 e 01/09/2024). Organização: Nunes e Sousa (2026).

Do ponto de vista morfogenético, os tanques e açudes são originados predominantemente por escavação, caracterizando processos degradacionais embora em muitos casos o material escavado seja reaproveitado para o

aterramento das bordas. Os pequenos açudes e tanques observados possuem características distintas e estão, em sua maioria, localizados em propriedades rurais. De um lado, aqueles tanques destinados à psicultura possuem pouca variação da cobertura de lâmina d'água, possivelmente sendo abastecido por água subterrânea. Do outro lado, demais reservatórios possuem forte variação ao longo do ano, sendo, no período de estiagem, utilizados como pastagens ou campos sem usos aparentes. Em ambos os casos há a gênese de ecossistemas antrópicos, atrelados direta ou indiretamente ao Argissolo vermelho-amarelo Distrófico, Argilossolo vermelho-amarelo Eutrófico e Neossolo quartzarênico Órtico e ao Contato Savana/Savana estépica, Savana estépica, Savana-Estépica Florestada sem palmeiras, e Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria.

A escavação rompe os horizontes do solo (Argissolos e Neossolos), alterando a estrutura física e a capacidade de infiltração original, considerando ainda que o reaproveitamento do material escavado para aterramento das bordas cria microformas de relevo (diques e taludes) que não existiam naturalmente, alterando a rugosidade da paisagem e o escoamento superficial imediato. Destaque ainda para a possibilidade de, ao fazer uso de rações e medicamentos na piscicultura em solos permeáveis como o Neossolo Quartzarênico, poderá facilitar a lixiviação de nutrientes e químicos para o lençol freático.

4.2.7. Indicadores associados à carcinicultura: canais, tanques e captação de água

Em virtude da complexidade e inter-relação destes indicadores (Canais, Tanques e Captação de água) sobre a carcinicultura, principalmente no tocante à similaridade de características físico-naturais, às atividades produtivas e à geração de impactos associados, os referidos indicadores estão analisados conjuntamente, inclusive pela capacidade desta atividade auxiliar na formação de ecossistemas artificiais, e por estarem nos municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia. Foram identificados 20 canais de ligação, 201 tanques de carcinicultura e 15 pontos de captação de água (do estuário do Cardoso e Camurupim), este complexo antropogênico possui oito áreas contínuas, que, juntas, possuem 11,49 km², destas, a maior área contínua possui 4,13km² e está localizada no trecho final da margem direita do rio Camurupim.

Esse complexo ocorre predominantemtente sob depósitos aluvionares e geomorfologicamente com predominância nas Planícies flúvio-marinhas e em uma pequena faixa na transição aos Tabuleiros dissecados. Predominam Argissolo vermelho-amarelo Distrófico e cobertura vegetal de Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea e Formação Pioneira com influência fluviomarinha arbórea.

Ao ocupar estas áreas, a carcinicultura está situada em áreas que possuem memória geológica de variação do nível do mar. A complexidade é ampliada quando o bombeamento de água e a descarga de efluentes dos tanques podem alterar a salinidade dessas planícies salinas, acelerando processos de degradação química do solo, ocasionando ruptura biótica.

Em virtude das especificidades locais, este conjunto de indicadores está associado à necessidade de acesso a água salobra ou salgada para o cultivo, ao relevo relativamente plano para instalação da infraestrutura, além do acesso ao rio, o que potencializa a área com destaque à carcinicultura (**Figura 9**), bem como da presença, na foz, de ilhas como a dos Guarás, dos Camaleões e do Meio, em áreas com a pesca tradicional do caranguejo em sintonia com as vegetações de mangue apontadas por Cavalcanti (2000) como sendo: "mangue preto" (Avicennia schaueriana), "mangue vermelho" (Rhizophora mangle), "mangue branco" (Laguncularia racemosa) e "mangue de botão" (Conocarpus erectus), tal qual, no entorno, a existência de paleomangue (derivado da mudança da desembocadura fluvial) e, à montante, de planícies salinas.

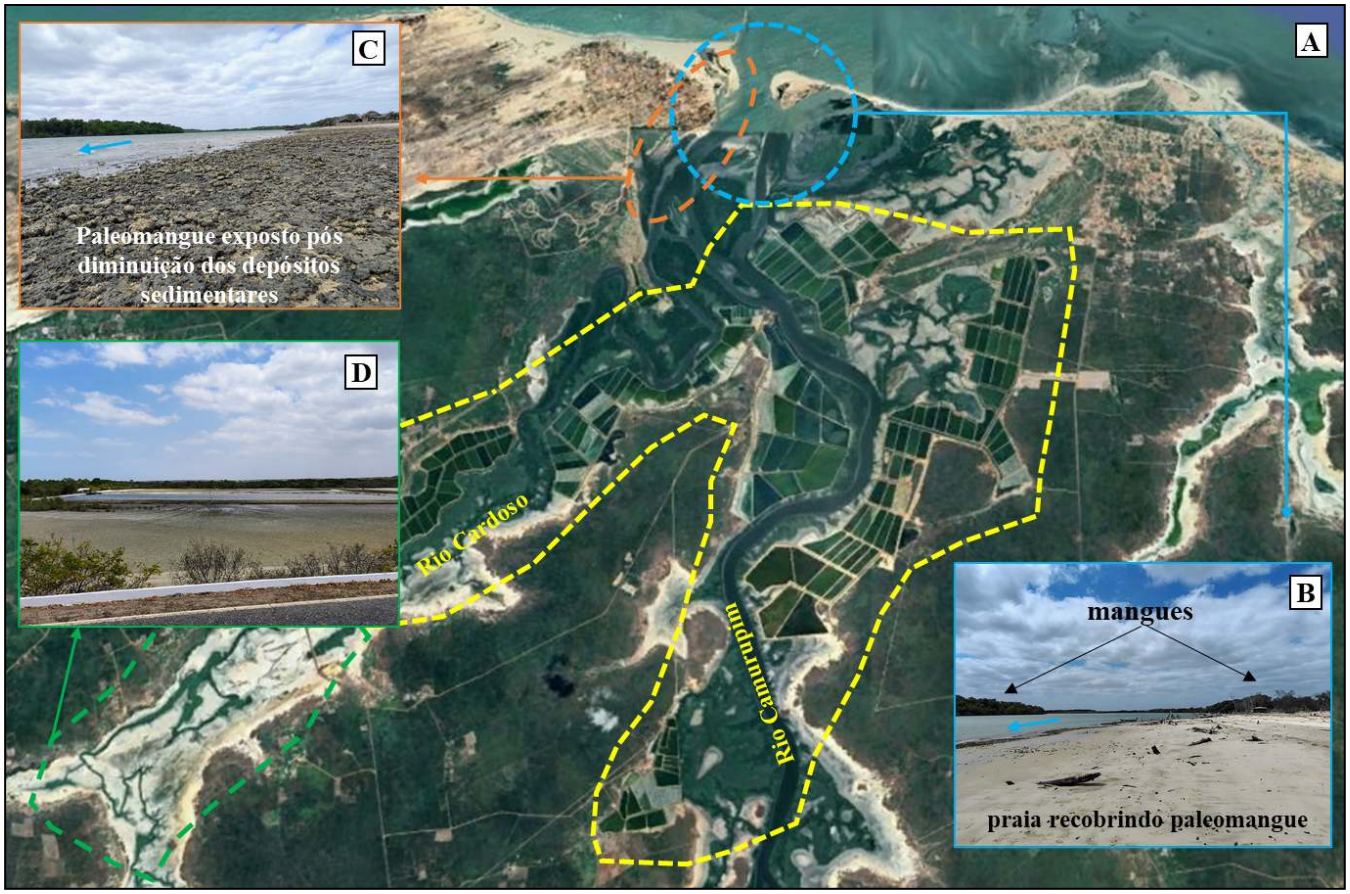


Figura 9. Complexo antropogênico associado à carcinicultura. Em A, parte do conjunto dos canais, tanques e captação de água (em amarelo); em B, foz da BHCC (em azul); em C, área de paleomangue (em laranja); e, em D, formação de planície salina (em verde). Fonte: Google Earth (imagem de 14/09/2024). Organização: Nunes e Sousa (2026).

As principais consequências dão-se principalmente na supressão vegetal e os processos erosivos associados, salinização dos solos, degradação de mangues, apicuns e da água, assim como no comprometimento da permeabilidade do solo e na necessidade do tratamento dos resíduos gerados. A pressão humana existente sobre este trecho do sistema ambiental costeiro se faz sentir de variadas formas, intensidades e frequências, uma vez que estes ambientes são dinâmicos notadamente no que diz respeito ao fluxo fluviomarinho, que, de acordo com Sousa (2019, p. 120), "as introduções de fazendas de camarão nesses ambientes ocasionam a fragmentação desse ecossistema, provocando desequilíbrios no sistema estuarino, quanto ao fluxo de energia, matéria e informação", em áreas de transição dos manguezais (apicuns e salgados).

No zoneamento da APA Delta do Parnaíba (área sobreposta a da área úmida já apresentada anteriormente), a produção de camarão está inclusa nas zonas de Produção e de Uso comunitário. De acordo com dados de 2024 disponibilizados pela Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM/IBGE), o estado do Piauí produziu 4.292.947 Kg, sendo Cajueiro da Praia o município com a maior produção de camarão, destacando-se no litoral piauiense. Esse dado reforça que a carcinicultura, embora relevante economicamente, constitui o indicador antropogêncio de maior expressão espacial e ambiental no baixo curso da BHCC.

4.3 Síntese antropogênica

A vista das condições de uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim, observa-se que os indicadores antropogênicos não se distribuem de forma homogênea, mas acompanham as potencialidades e limitações impostas pelos componentes físico-naturais da bacia. Essa distribuição evidencia que a apropriação do território ocorre de maneira seletiva, associando-se tanto à disponibilidade hídrica e condições geomorfológicas e litológicas, quanto às lógicas econômicas de uso dos ambientes costeiros e interiores.

Em conjunto, os indicadores antropogênicos revelam maior concentração e diversidade no baixo curso da BHCC, especialmente na área úmida e estuarina, onde se sobrepõem usos produtivos, infraestrutura viária, captação hídrica e atividades aquícolas. Nessa porção da bacia, destacam-se os sambaquis, os aterros e barramentos, os condutos e, sobretudo, o complexo associado à carcinicultura, formado por canais, tanques e pontos de captação de água. Essa concentração demonstra que as áreas de planícies flúvio-marinhas, depósitos aluvionares e formações vegetais pioneiras constituem os setores mais diretamente pressionados pela ação antrópica, justamente por reunirem condições favoráveis à instalação de atividades produtivas e de circulação.

Nos setores médio e alto da bacia, por sua vez, predominam intervenções associadas ao armazenamento hídrico, à captação de água subterrânea e à mineração. Nesses compartimentos, a distribuição dos indicadores relaciona-se principalmente às superficies aplainadas, aos tabuleiros dissecados, ao domínio de morros e serras e ao domínio montanhoso, além da presença de litologias como o Grupo Serra Grande, a Suíte Intrusiva de Chaval e a Formação Barreiras. Tal padrão indica que a antropização nesses setores está mais vinculada ao aproveitamento de recurso minerais e hídricos e ao suporte das atividades agropecuárias.

As sínteses apresentadas na **Figura 10** e no **Quadro 2**, permitem verificar que determinados indicadores possuem maior capilaridade espacial, como poços, os condutos, os tanques/açudes e a mineração, enquanto outros apresentam maior concentração territorial e maior especialização funcional, como os sambaquis e os indicadores ligados a carcinicultura. Também se observa que parte siginificativa dessas intervenções incidem sobre áreas úmidas (porção estuarina e entorno) e APPs hídricas, o que reforça a vulberabilidade ambiental da bacia e a necessidade de planejamento territorial e monitoramente contínuo, sobretudo nos setores em que usos econômicos intensivos se sobrepoem a ambientes de elevada sensibilidade ecológica.

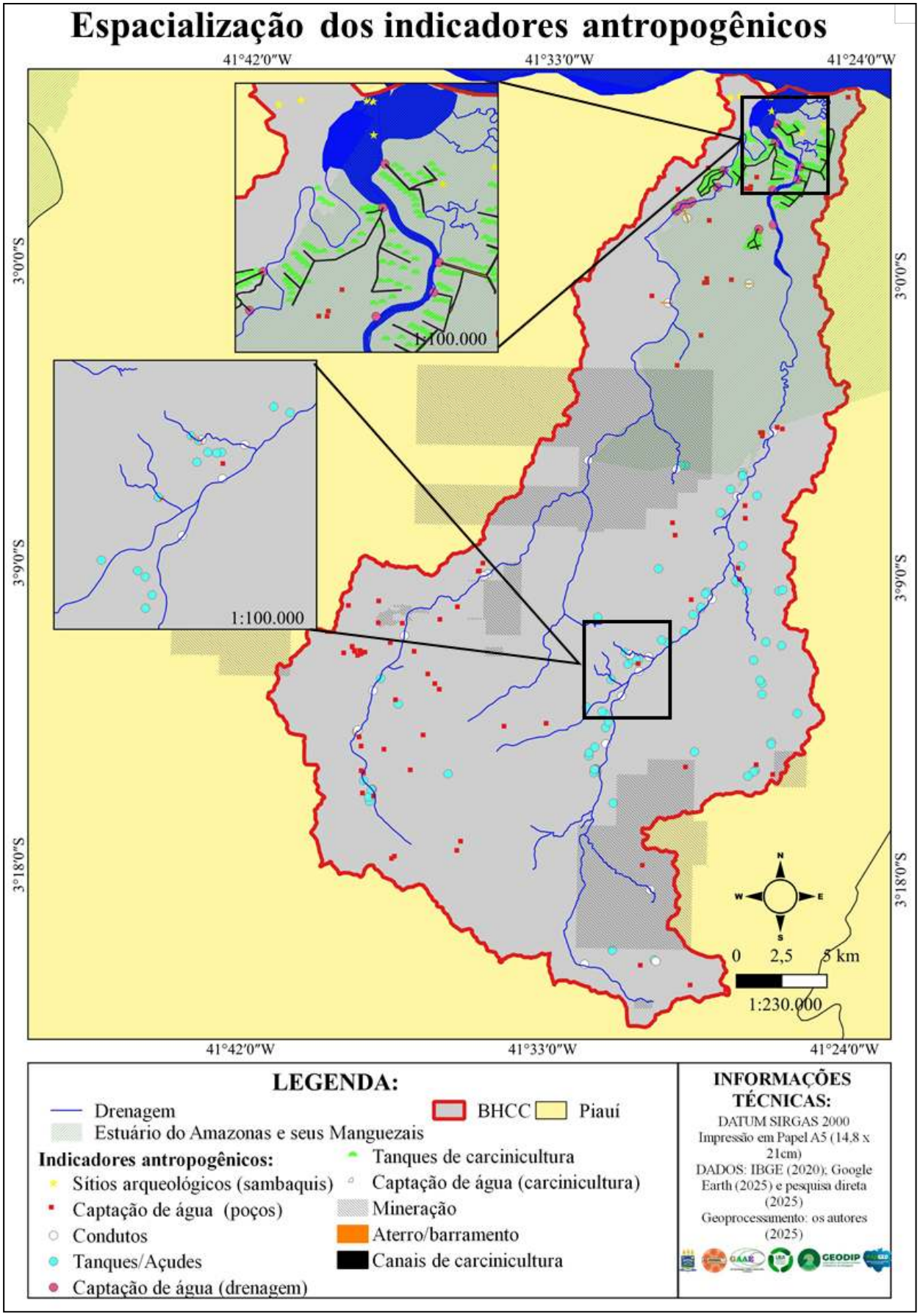


Figura 10. Espacialização dos indicadores antropogênicos. Organização: Nunes e Sousa (2026).

Quadro 2. Quadro síntese dos indicadores antropogênicos em relação às dimensões e características físico-naturais.

Indicadores	Descrições sintéticas							
	Dimensões/ Área	Litologia	Unidades de relevo	Drenagem	Solos predominantes	Associações vegetais	Área úmida	APP hídricas
Sítios arqueológicos (sambaquis)	08 unidades	Depósitos aluvionares e Depósitos litorâneos.	Campo de dunas; e Planícies flúvio-marinhas.	Ambiente praial e estuarino	Dunas/ Areias inconsolidadas; Argissolo vermelho-amarelo Distrófico e Neossolo quartzarênico Órtico	Vegetação higrófila de Várzea (vegetação pioneira) de influência fluvio-lacustre	Em parte (06)	Sim
Captação de água subterrânea (poços)	75 unidades	Grupo Serra Grande; Suíte intrusiva de Chaval; Formação Barreiras e Depósitos aluvionares.	Planícies flúvio-marinhas; Superfícies aplainadas conservadas; Superfícies aplainadas degradadas; Tabuleiros dissecados; Domínio de morros e de serras baixas; e Domínio Montanhoso.	Canais principais e tributários	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico; Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico; Neossolo quartzarênico Órtico	Contato Savana/Savana estépica; Savana estépica; Formação Pioneira com influência fluviomarinha arbórea; Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea; Savana-Estépica Florestada sem palmeiras; e Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Em parte (11)	Em parte

Mineração	20 processos (99,3 km²), além de áreas isoladas de retirada de materi-al (2km²)	Grupo Serra Grande; Formação Granja; Suíte intrusiva de Chaval; Formação Barreiras; Depósitos aluviona-res; e Depósitos litorâneos.	Planícies flúvio-marinhas; Superfícies aplainadas conserva-das; Superfícies aplainadas degrada-das; Tabuleiros dissecados; Domínio de morros e de serras baixas; e Domínio Montanho-so.	Canais principais e tributários	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico; Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico; Neossolo quartzarênico Órtico	Contato Savana/Sava na estépica; Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria; e Formação Pioneira com influência fluviomarin-ha herbácea	25km² em área úmida	Em parte
Aterro/ barramento	10 unida-des (6,44 km²)	Suíte intrusiva de Chaval; Formação Barreiras e Depósitos aluviona-res	Planícies flúvio-marinhas; e Superfícies aplainadas conserva-das.	Canais principais e tributários	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico; Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico; Neossolo quartzarênico Órtico	Contato Savana/Sava na estépica; Savana estépica; Formação Pioneira com influência fluviomarin-ha herbácea; e Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Em parte (02)	Sim

Condutos	23 unidades	Grupo Serra Grande; Formação Granja; Suíte intrusiva de Chaval; Formação Barreiras e Depósitos aluviona-res.	Planícies flúvio-marinhas; Superfícies aplainadas conserva-das; Superfícies aplainadas degrada-das; Tabuleiros dissecados; Domínio de morros e de serras baixas; e Domínio Montanho-so.	Canais principais e tributários	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico; Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico; Neossolo quartzarênico Órtico	Contato Savana/Sava na estépica; Savana estépica; Formação Pioneira com influência fluviomarin-ha herbácea; Formação Pioneira com influência marinha herbácea; Savana-Estépica Florestada sem palmeiras; Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Em parte (07)	Sim
Tanques/ açudes	73 unidades	Grupo Serra Grande; Formação Granja; Suíte intrusiva de Chaval e Formação Barreiras.	Superfícies aplainadas conserva-das; Superfícies aplainadas degrada-das; Tabuleiros dissecados; e Domínio Montanho-so.	Tributários e áreas elevadas sem proximi-dade com drenagem	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico; Argissolo vermelho-amarelo Eutrófico; Neossolo quartzarênico Órtico	Contato Savana/Sava na estépica; Savana estépica; Savana-Estépica Florestada sem palmeiras; e Savana-Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria	Em parte (02)	Em parte
Canais de carcinicultura	20 unidades (0,57 km²)	Depósitos aluviona-res	Planícies flúvio-marinhas; e	Baixos cursos dos rios Cardoso e Camuru-	Argissolo vermelho-amarelo Distrófico	Formação Pioneira com influência fluviomarin-ha herbácea;	Em parte	Em parte

Tanques de carcinicultura	201 unidades		Tabuleiros dissecados	pim (estuário)		e Formação Pioneira com influência fluviomarin-ha arbórea		Em parte
Captação de água para carcinicultura	15 unidades (9,25 km²)							Sim

Organização: Nunes e Sousa (2026).

5 Conclusões

O estudo contribui para o avanço das análises geoambientais em bacias hidrográficas costeiras ao integrar indicadores antropogênicos e componentes físicos-naturais na compreensão das dinâmicas de uso e ocupação da paisagem.

Como observado, a Bacia Hidrográfica dos rios Cardoso/Camurupim possui particularidades no que diz respeito à relação entre características físico-naturais (principalmente geológico-geomorfológicas) com a espacialização dos indicadores antropogênicos, bem como das formas de uso e ocupação do solo.

No alto curso, os indicadores com maior quantidade são: Tanques/Açudes, Condutos e Poços tubulares. Tais indicadores estão associados à espacialização e rede de drenagem, bem como das maiores cotas altimétricas (Superfícies Aplainadas Conservadas e Superfícies Aplainadas Degradadas), além das influências litológicas da Formação Serra Grande e da Suíte Intrusiva de Chaval, uma das áreas de transição entre ambientes sedimentar e cristalino. Já no médio curso, geomorfologicamente associado aos Tabuleiros dissecados e litologicamente à Formação Barreiras, destaca-se o indicador vinculado à Mineração, estando estes também localizados no extremo Sudeste da BHCC em área do alto curso.

No baixo curso, com uma influência marinha significativa, particularmente com a existência de apicuns e salgados, há diversidade litológica com a presença de Depósitos litorâneos de praia e dunas móveis; Depósitos de pântanos e mangues; e Paleodunas. Os indicadores com maior expressividade (Aterros/Barramentos; Sambaquis; Canais de carcinicultura; Tanques de carcinicultura; e Captação de água para carcinicultura) estão inseridos nas Planícies flúvio-marinhas, no Campo de Dunas e nos Tabuleiros dissecados.

Ainda no baixo curso, na área que compreende a margem direita do rio Cardoso estendendo-se até a borda da bacia e, à montante, com limite próximo à BR-402, a área úmida (enquanto Sítio Ramsar Regional denominado Estuário do Amazonas e seus Manguezais) é aquela com maior pressão antropogênica, especialmente vinculada à carcinicultura e às atividades turísticas, sobretudo quando examina-se que o exutório é como uma faixa de transição e de rica diversidade nas áreas de manguezais, além de sua forte relação com a linha de costa e com as atividades produtivas ali desenvolvidas.

Por fim, julga-se oportuno: a) A importância de análise integrada do ambiente e sua discussão à luz da abordagem antropogênica com a utilização de recursos geotecnológicos e atividade de campo para a conferência de validação dos dados obtidos; b) Ampliação de fiscalização e aplicação da legislação ambiental no que concerne às ameaças em toda a BHCC, especialmente ao longo dos canais principais e do estuário, em que foram observados,

neste último: avanço de ocupações irregulares; carreamento dos sedimentos que originalmente sobrepunham os paleomangues; construção de diques de proteção à força da maré; além de mudanças antrópicas na cobertura vegetacional dos manguezais; e, c) Realização de novos estudos, com escalas e indicadores diferentes, como subsídio ao melhor ordenamento territorial e planejamento ambiental.

Contribuições dos autores (CRediT): Concepção: Hikaro Kayo de Brito Nunes; metodologia: Hikaro Kayo de Brito Nunes e Roneide dos Santos Sousa; análise: Hikaro Kayo de Brito Nunes e Roneide dos Santos Sousa; coleta/produção de dados: Hikaro Kayo de Brito Nunes e Roneide dos Santos Sousa; escrita (primeira versão): Hikaro Kayo de Brito Nunes e Roneide dos Santos Sousa; escrita (revisão e edição): Hikaro Kayo de Brito Nunes e Roneide dos Santos Sousa. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.

Disponibilidade de dados: Os dados analisados nesta pesquisa foram obtidos a partir de bases públicas, devidamente indicadas ao longo do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Agradecimentos: Aos grupos de pesquisa "Geomorfologia, Análise Ambiental e Educação" (GAAE-UFPI/CNPq) e "Observatório de Geografia da Pan-Amazônia" (PANGEO-UEA/CNPq) e aos laboratórios de "Geotecnologias e Dinâmica da Paisagem" (GEODIP/UEA) e "Cartografia Escolar e Geotecnologias" (GEOTEC/UFPI).

Uso de inteligência artificial: Os autores declaram não ter utilizado ferramentas de inteligência artificial em nenhuma etapa da elaboração do manuscrito ou da realização da pesquisa.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

BACELAR, Francisco Kawan Rocha; SOUSA, Alyson Mota; SOUSA, Roneide dos Santos. Dinâmica de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Camurupim (1985 a 2023). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 20., João Pessoa, 2024. Anais... João Pessoa, 2024

BAPTISTA, Elisabeth Mary de Carvalho. Estudo morfossedimentar dos recifes de arenito da zona litorânea do estado do Piauí, Brasil. 2010. 305f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BARROS, José Sidiney. Geologia da Bacia do Rio Guaribas. Revista da Academia de Ciências do Piauí, v. 3, n. 3, p. 336-352, 2022.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra, nº 13. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972. https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389

BEZERRA, Ronaldo Gomes; FREIRE, George Satander Sá; ASSIS, Hortência Maria Barboza de; VALLE, Márcio Martins; MELO, Rafael Corrêa de (Orgs.). Potencialidade dos granulados marinhos da plataforma continental oeste do Ceará: setor Bitupitá. Recife: CPRM, 2022.

BIRD, Eric Charles Frederick. Coastal geomorphology: an introduction. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 2008.

CARVALHO JÚNIOR, Francisco dos Santos. Entre cascudos, morros e areais: arqueologia e paisagem no litoral do Piauí/Brasil. 2019. 241f. – Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arqueologia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

CAVALCANTI, Agostinho de Paula Brito. Impactos e condições ambientais da zona costeira do estado do Piauí. 2000. 356f. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

CHRISTOPHERSON, Robert; BIRKELAND, Ginger. Geossistemas: uma introdução à Geografia Física. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CONTI, José Bueno. Resgatando a "Fisiologia da Paisagem". Revista do Departamento de Geografia, n. 14, p. 59-68, 2001. https://doi.org/10.7154/RDG.2001.0014.0006

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do estado do Piauí. Teresina: CPRM, 2020. Escala 1:1.000.000.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 2018.

GASPAR, Madu. Sambaqui: Arqueologia do Litoral Brasileiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

GÓES, Ádison; FEIJÓ, Flavio. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 8, n. 1, p. 57-67, 1994.

GOMES, Cecília Siman; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Aparato conceitual sobre áreas úmidas (wetlands) no Brasil: desafios e opiniões de especialistas. Boletim Goiano de Geografia, v. 37, n. 3, p. 484-508, 2017. https://doi.org/10.5216/bgg.v37i3.50767

GOOGLE. Google Earth Pro: versão 7.3. Estuário dos rios Cardoso e Camurupim, Piauí: Google, 2025. 1 imagem de satélite. Software desktop.

GOOGLE. Google Earth Pro: versão 7.3. Estuário dos rios Cardoso e Camurupim, Piauí: Google, 2024. 1 imagem de satélite. Software desktop.

GOOGLE. Google Earth Pro: versão 7.3. Povoado Campo Redondo, Piauí: Google, 2021. 1 imagem de satélite. Software desktop.

GOOGLE. Google Earth Pro: versão 7.3. Povoado Campo Redondo, Piauí: Google, 2022. 1 imagem de satélite. Software desktop.

GOOGLE. Google Earth Pro: versão 7.3. Povoado Campo Redondo, Piauí: Google, 2024. 1 imagem de satélite. Software desktop.

GORAYEB, Paulo Sergio de Sousa; LIMA, Aline Maria Meiguins de. Aspectos texturais do magmatismo e tramas da tectônica impostas ao Granito Chaval na Zona de Cisalhamento Santa Rosa, extremo noroeste da Província Borborema. Brazilian Journal of Geology, v. 44, n. 4, p. 653-668, 2014. https://doi.org/10.5327/Z2317488920140004009

GUASSELLI, Laurindo Antonio; SIMIONI, João Paulo Delapasse. Conceituação de Áreas Úmidas. In: GUASSELLI, Laurindo Antonio (Org.). Áreas Úmidas: Questões Ambientais. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

JUNK, Wolfgang Johannes. Definição, delineamento e classificação brasileira das áreas úmidas. In: JUNK, Wolfgang Johannes; CUNHA, Cátia Nunes da (Orgs.). Inventário das áreas úmidas brasileiras: Distribuição, ecologia, manejo, ameaças e lacunas de conhecimento. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial, 2024.

LUCENA, Renata Alves; RIOS, Carlos; NOGUEIRA, Mônica. Sambaquis no Litoral de Pernambuco: primeiros estudos para localização e registro. FUMDHAMentos, v. 18, n. 1., 2021, p. 69-87.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Geomorfologia Costeira: funções ambientais e sociais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; CAMPOS, Alberto Alves. Componentes Geomorfológicos, Funções e Serviços Ambientais de Complexos Estuarinos no Nordeste do Brasil. Revista da ANPEGE, v. 6, p. 89-107, 2010. https://doi.org/10.5418/RA2010.0606.0007

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas. Perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise, v. 5, n. 1, 2001. p. 187-226. https://doi.org/10.5380/raega.v5i1.18325

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Geossistemas: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

NUNES, Hikaro Kayo de Brito; BASTOS, Frederico de Holanda. Morfologia original e antropogênica da porção Oeste do sistema fluvio-lagunar de Teresina/ Piauí. Revista Contexto Geográfico, v. 9, p. 1-15, 2024. http://dx.doi.org/10.28998/contegeo.9i.18.16700

PAULA, Jorge Eduardo de Abreu. Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa. 2013. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. 242 p.

PELOGGIA, Alex Ubiratan Grossens. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. Revista UNG - Geociências, v. 16, p. 102-127, 2017.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; TORRES, Fernanda Soares de Miranda; BRANDÃO, Ricardo de Lima. Geodiversidade do estado do Piauí. Recife: CPRM, 2010.

PONTE, Franciney Carvalho da; SZLAFSZTEIN, Claudio Fabian. Indicadores antropogênicos e cartografização de eventos socioespaciais: subsídio à retrospectiva humana na Amazônia brasileira. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 26, n. 3, p. 121-146, 2022. https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2022.190107

PROCHOROFF, Rachel; BRILHA, José. Inventário de sítios geológicos no Parque Nacional Serra da Capivara (Piauí, Brasil) e entorno: resultados parciais de uma estratégia de geoconservação visando o desenvolvimento sustentável. Comunicações Geológicas, v. 104, n. 1, p. 75-81, 2017.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System (versão 3.44.4). 2021. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

RAMSAR. Amazon Estuary and its Mangroves. Ramsar Information Sheet, v. 1.6, 2018. Disponível em: < https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/BR2337RIS_1806_en.pdf> . Acesso: Acesso em: 15 out. 2025.

RODRIGUES, Cleide. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 17, p. 101-111, 2005. https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008

SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/index.php >. Acesso em: 03 set. 2025.

SILVA, Carlos Henrique Santos da; LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. Litoral do Estado do Piauí: proposta de compartimentação. Revista Brasileira De Geomorfologia, v. 21, p. 17-32, 2020. https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1459

SILVA, Mirelle Oliveira; SOUZA, Jonas Otaviano Praça de; GUERRA, Maria Daniely Freire. Hidrogeomorfologia de Áreas Úmidas da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira De Geomorfologia, v. 25, n. 1, p. 1-20, 2023. https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2444

SOUSA, Roneide dos Santos. Zoneamento geoecológico do complexo fluviomarinho dos rios Cardoso/Camurupim e porção costeira adjacente, litoral leste piauiense. 2019. 153 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SOUSA, Roneide dos Santos; ROCHA, Glairton Cardoso. Análise integrada e fragilidade ambiental potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Camurupim, Litoral do Piauí. Geofronter, v. 10, p. 1-22, 2024a. http://dx.doi.org/10.61389/geofronter.v10.8890

SOUSA, Roneide dos Santos; ROCHA, Glairton Cardoso. Fragilidade ambiental da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Camurupim, Piauí, Brasil. Caderno De Geografia, v. 37, p. 396-425, 2024b. http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2024v34n77p396

VAZ, Pekim Tenório; REZENDE, Nélio das Graças de Andrade da Mata; WANDERLEY FILHO, Joaquim Ribeiro; TRAVASSOS, Walter Antônio Silva. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 253-263, 2007.

VON SPERLING, Marcos; SEZERINO, Pablo Heleno. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, 2018.

WANG, Yingpu; ZHAO, Mingjie; PEI, Wenhan; GUAN, Qiang; LIU, Jiafu; CHEN, Yanhui; LIU, Jiping; ZHANG, Qiyue. Research Overview on Isolated Wetlands. Water, v. 17, p. 1-24, 2025. https://doi.org/10.3390/w17132013

SOBRE A AUTORIA

Hikaro Kayo de Brito Nunes

Professor Adjunto da Graduação/Pós-graduação em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas/UEA, Tefé e Manaus, Brasil. Doutor em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará/UECE (2022), Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Piauí/UFPI (2017) e Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Piauí/UESPI (2015). Possui Estágio Pós-doutoral em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (2026). Desenvolve estudos sobre Geomorfologia, Espaço Urbano, Vulnerabilidades, Análise Geoambiental, Antropoceno, bacias hidrográficas, geoprocessamento e sensoriamento remoto.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6868-1285
E-mail: hnunes@uea.edu.br

Roneide dos Santos Sousa

Professora Adjunta da Graduação/Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí/UFPI, Teresina, Brasil. Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará/UFC (2019), Mestra em Geografia pela Universidade Federal do Piauí/UFPI (2015) e Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Piauí/UFPI (2011). Possui Estágio Pós-doutoral em Análise e Planejamento Espacial pelo Instituto Federal do Piauí (2022). Desenvolve estudos sobre geomorfologia, mapeamento de uso e cobertura da terra, zona costeira, bacias hidrográficas, geoprocessamento e sensoriamento remoto.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6850-573X
E-mail: roneide.sousa@ufpi.edu.br