



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise das inter-relações dos elementos e da degradação da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz (Sertões de Crateús, CE/Brasil)

Raul Carneiro Gomes¹, Vlândia Pinto Vidal de Oliveira²

Doutor em Geografia Professor do Ensino Fundamental II E.E.F. Maria do Socorro Gouveia raulcarneiro89@hotmail.com

Doutora em Engenharia Agrônoma Professora do departamento de Geografia Universidade Federal do Ceará vladia.ufc@gmail.com

Artigo recebido em 04/09/202021 e aceito em 24/05/2022

RESUMO

As bacias hidrográficas (BH) no semiárido nordestino brasileiro estão degradadas devido aos usos insustentáveis dos seus recursos e das ausências de compreensões das inter-relações e das estruturações dos seus elementos. Nesta perspectiva, insere-se a este sistema a BH do rio Santa Cruz, no Sertões de Crateús-CE/Brasil, que demanda a maximização dos saberes sobre seus componentes para determinar as causas e avaliar a intensidade da degradação ambiental em suas paisagens. Assim, este trabalho analisou os elementos constituintes da BH citada, contribuindo para a apreensão das suas paisagens e para a identificação e avaliação da degradação ambiental em seus espaços. Deste modo, fez-se levantamentos bibliográficos e geocartográficos que subsidiaram a construção da cartografia temática. A modelagem da BH foi obtida por meio do processamento de imagens Alos Palsar no *TerraViewHidro* e no Qgis 3.14. Foram feitos trabalhos de campos, fotografias, análises de imagens de satélites do Google Earth e utilizou-se os dados do projeto MapBioma para avaliar a degradação das paisagens. Logo, notou-se que a complexidade paisagística da área deve-se parcialmente às ocorrências de vários processos geológicos e geomorfológicos sob diferentes tipos de climas, especialmente, o tropical quente semiárido; os solos são eutróficos, rasos, pedregosos e com rochosedades e distribuem-se segundo as unidades de paisagem da BH; a floresta caducifolia espinhosa é a vegetação mais degradada na área e a análise das classes e tipos de uso da terra, entre 1985 e 2019, indicaram alterações paisagísticas expressivas, dado aos desmatamentos para obtenção de recursos naturais e utilização das paisagens para agricultura e pastagem.

Palavras-chave: Degradação Ambiental; Paisagens Semiáridas; Análise Geoambiental.

Analysis of the Interrelationships of the Elements and the Degradation of the Santa Cruz River Basin (Sertões de Crateús, CE/Brazil)

ABSTRACT

The hydrographic basins (BH) of Brazil's semi-arid northeast are degraded due to the unsustainable use of their resources and a misunderstanding of the interrelationships and structuring of their elements. From this perspective, the BH of the Santa Cruz River, in Sertões de Crateús-CE/Brazil is encompassed here and demands the maximization of knowledge concerning its components in order to determine the causes and also to assess the intensity of environmental degradation on its landscapes. Hence, this study analyses the constituent elements of the aforementioned BH, which contribute to an understanding of its landscapes and to the identification and assessment of environmental degradation with its area. Thus, bibliographic and geocartographic surveys were carried out to support the construction of thematic cartography. The BH modelling was obtained by processing Alos Palsar images in *TerraViewHidro* and Qgis 3.14. Field work, photographs, analysis of satellite images from Google Earth were carried out, and data from the MapBioma project were used to assess the degradation of landscapes. It was then noted that the landscape complexity of the area is partially due to the occurrence of several geological and geomorphological processes under different climate types, in particular, the semi-arid hot tropical climate ; the soils are eutrophic, shallow, stony and rocky and are distributed according to the BH landscape units; the thorny deciduous forest is the most degraded vegetation in the area and the analysis of classes and types of land use, carried out between 1985 and 2019, indicated significant changes in the landscape, taking into account deforestation to obtain natural resources and use of land for agriculture and grazing.

Keywords: Ambiental degradation; Semiarid Landscapes; Geoenvironmental Analysis.

Introdução

A bacia hidrográfica (BH), enquanto uma forma de relevo, é produto de ações combinadas e contraditórias entre o tectonismo, o intemperismo e a erosão, que são condicionados pelos aspectos litológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos, faunísticos, vegetacionais e sociais de cada porção espacial da Terra (Lima, Claudino-Sales e Oliveira, 2021; Pereira et al., 2021; Righi, Trentin e Trentin, 2021; Rodrigues et al., 2022; Teixeira, Oliveira e Teixeira, 2011). Isto posto, suas fisionomias e funções ecológicas variam conforme os arranjos dos seus elementos, suas funções e propriedades emergentes.

A bacia hidrográfica (BH) é um sistema ambiental multidimensional utilizado como uma unidade de gestão e planejamento territorial, por possibilitar uma análise integrada de todos os seus componentes e por possuir interflúvios, que delineiam sua dimensão espacialmente natural (Claudino-Sales, Lima e Diniz, 2020; Gomes; Bianchi; Oliveira, 2021). Assim, tem sido uma célula de análise utilizada por pesquisas voltadas para o entendimento dos aspectos socioambientais das paisagens e dos territórios (Lima, 2005; Torres e Vianna, 2008; Souza, Santos e Oliveira, 2012; Gomes, 2015; Oliveira, Silva Filho e Nogueira Neto, 2018; Barbosa e Costa, 2021; Gomes, Bianchi e Oliveira, 2021).

Dada a sua complexidade, essa categoria de estudo pode ser examinada sob diferentes enfoques analíticos ou integrados, conforme as especificidades e objetivos das pesquisas científicas. Geralmente, os trabalhos focam nos atributos morfométricos e nos arranjos de seus elementos paisagísticos da BH (Queiroz et al., 2017; Silva e Maia, 2017; Silva e Furrier, 2019; Santos et al., 2020; Souza et al., 2020; Vale, Costa e Pimentel, 2021; Silva et al., 2022; Rodrigues et al., 2022), por serem dados e informações iniciais para a confecção de uma pesquisa científica ou técnica. Com isso, pode-se entender as interrelações funcionais existentes entre os componentes da BH, bem como detectar suas propriedades emergentes.

A apreensão do panorama fisiográfico de uma bacia hidrográfica (BH) é uma ação essencial para subsidiar a construção de seu planejamento ambiental e gestão participativa, com intuito de compatibilizar as ações sociais com a capacidade de carga ecológica de suas paisagens (Silva, Cunha e Lopes, 2019; Lopes et al., 2020; Carvalho, 2020). Sem isso, as atividades antrópicas tendem a

explorar insustentavelmente os recursos naturais da BH, produzindo alterações paisagísticas negativas para o seu funcionamento habitual (Arrone e Amorin, 2022; Rodrigues et al., 2022).

Desse modo, parte-se da hipótese de que a BH exposta está sendo degradada em razão dos tipos de usos. Isto posto, este trabalho objetiva descrever e analisar as relações entre os principais elementos naturais constituintes da BH do rio Santa Cruz nos Sertões de Crateús, CE/BR, com o intuito de identificar e compreender as inter-relações entre os elementos paisagísticos e suas disposições espaciais.

A escolha da BH do rio Santa Cruz, justifica-se no fato desta drenar cerca de 42,87% do território municipal de Independência-CE e ser alvo de diversas intervenções antrópicas seculares, sobretudo devido aos agrossistemas existentes, em função da construção do açude Barra Velha que abastece a sede municipal.

Além disso, almeja-se o aprofundamento do entendimento do quadro ambiental posto, para oferecer informações que possam subsidiar proposições de políticas públicas e o manejo conservacionista da terra para o desenvolvimento das regiões semiáridas, como o Nordeste do Brasil, onde há uma ampla diversidade de BH, sob distintos tipos de uso.

Material e método

Escolheu-se como método de abordagem, o sistêmico, proposto por Bertalanffy (1977), porque permite a compreensão integrada das inter-relações funcionais estabelecidas entre os fenômenos naturais e sociais. Portanto, viabiliza o entendimento da realidade como um todo indissociável e dotado de características próprias.

Partindo do pressuposto de que um sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados, geralmente para desenvolverem uma ou mais funções (Bertalanffy, 1977), a paisagem pode ser vista como um sistema ambiental. Isto, pois segundo Bertrand (1969, p.141) a referida é “[...] uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um único e indissociável, em perpétua evolução”.

Com relação aos procedimentos estabelecidos, este foi segmentado em várias

etapas. Inicialmente, foram feitos sucessivos levantamentos bibliográficos, geocartográficos e de artigos científicos na rede mundial de computadores que versam sobre a temática posta. *A priori*, trabalhos como Brasil (1973), Christofolletti (1979; 1981), Ceará (1997; 2017), Ferreira e Mello (2005), Pinéo et al. (2020), Santos et al. (2013), Santos et al. (2018), Gomes, Zanella e Oliveira (2017) e Gomes, Paiva e Oliveira (2017) foram obras preliminarmente importantes para o levantamento de dados e informações do local estudado e como bases para a composição da cartografia temática.

Para a modelagem geométrica da BH do rio Santa Cruz, selecionou-se imagens do sensor *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) a bordo do satélite Alos, com pixel de 12,5m, disponibilizados pelo *Alaska Explore*. Em seguida, utilizou-se o *software TerraViewHidro* 0.4.5 para preencher possíveis vazios de dados (oriundos do procedimento de obtenção das imagens), delimitar a área da BH, extrair e classificar o sistema de drenagem segundo Strahler (1957) e estimar os seus parâmetros morfométricos principais: área, comprimento do rio principal, perímetro, eixo axial e número de rios.

No Qgis 3.14, foi gerada a cartografia temática, o modelo de elevação digital (MDE), o mapa hipsométrico e a declividade da BH, onde subdividiu-se as inclinações expressas em porcentagens em classes de acordo com Embrapa (1979). A partir do mapa geológico adaptado de Pinéo et al. (2020), do hipsométrico, de declividade e trabalhos de campo, foram identificadas as principais formas de relevos da área.

Com relação à série pluviométrica utilizada para fins de caracterização climática da BH, empregou-se a série entre 1974 a 2019, do posto pluviométrico localizado na sede municipal de Independência e pertencente a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Os dados foram tabulados e analisados para que assim fosse criado o climograma, que não contém as temperaturas por não serem registradas pelo posto referido ou por outro no mesmo contexto.

As informações fitoecológicas foram extraídas majoritariamente de Ceará (1997), Gomes (2015) e Maia (2004) que serviu como guia para identificação de algumas espécies vegetais durante os trabalhos de campo.

As informações e dados pedológicos foram extraídas de Brasil (1973), que foi reclassificado conforme Santos et al. (2018). Ademais, em campo

foram analisados morfologicamente cortes de estradas que permitiram atualizar as informações morfológicas dos solos.

Ademais, utilizou-se as informações dos tipos de cobertura e uso da terra provenientes dos mapas com formatos matriciais com resolução 30x30 m do projeto Mapbiomas v.5.0 que forneceram dados de uma série histórica de 35 anos (1985-2019) e está em contínua evolução. Destaca-se que sua escala é de 1:250.000, portanto sua utilização é recomendada para trabalhos que empreguem escalas menores ou iguais a 1:100:000. Presentemente, sua tipologia abrange de 19 a 21 classes, as quais foram elegidas e adaptadas conforme as características da BH em apreço.

Após a aquisição dos dados, esses foram exportados para o Qgis 3.14, onde foram identificadas as classes empregadas para a BH do rio Santa Cruz: a) afloramento rochoso; b) formação campestre; c) formação florestal; d) formação savânica; e) mosaico de agricultura e pastagem; f) outras áreas não vegetadas; g) pastagens; e h) rio, lago e oceano. Com isso, adaptou-se as classes segundo a realidade estudada, pois algumas não designavam adequadamente a condição representada.

Tratando das adaptações, as cores foram alteradas para evitar a poluição cartográfica e a formação florestal foi renomeada para floresta caducifolia espinhosa que também abrangeu a mata ciliar por suas similaridades. A nomenclatura formação savânica foi alterada para caatinga arbustiva aberta, posteriormente, aglutinou-se a classe intitulada formação campestre em campos de pastagem, visto que a área não possui campos naturais, somente áreas desmatadas para a agricultura e pecuária.

Já a categoria outras áreas não vegetadas foram renomeadas zona urbana e outras construções por corresponder, sobretudo a espaços edificadas, embora haja algumas áreas, como campos agrícolas ou áreas alagadas, que foram considerados nessa classe por possuírem a mesma assinatura espectral das construções.

Análises dos elementos da BH do Rio Santa Cruz: localização, análise morfometria e geologia

A BH do rio Santa Cruz localiza-se no Centro-Oeste do Ceará, na microrregião de planejamento intitulada Sertões de Crateús, portanto sendo tributária da BH do rio Poti (figura 1). Sua nascente encontra-se a 522 m de altitude sobre a serra do Salgado, em Boa Viagem/CE, entre as localidades de Balança e Aniceto, e sua foz

está na fazenda Lagoa dos Pintos – Crateús/CE, na confluência com o rio Jucás, a 278 m de altitude.

Quanto aos espaços da BH, esta detém 1.473,521km², com perímetro de 292,845 km e o com comprimento axial de 61,02 km. Sendo assim, sua rede de drenagem está concentrada no município de Independência (93,75%) e em Crateús (5,45%), visto que as demais partes estão nos limiares dos municípios de Boa Viagem, Tamboril, Tauá, Pedra Branca e Monsenhor Tabosa.

Hidrograficamente, a BH do rio Santa Cruz é constituída por 996 rios e riachos efêmeros e intermitentes. Conforme a classificação de Strahler (1957), 736 riachos são de primeira ordem, correspondendo também ao número aproximado de nascentes; 189 são de segunda ordem; 53 são de terceira ordem; 13 são de quarta ordem; 4 são de quinta ordem; apenas 1 de sexta ordem. Este caso, é representado pelo rio principal que possui cerca de 114,679 km. Isto posto, frisa-se que o comprimento médio dos rios é de 1,465 km.

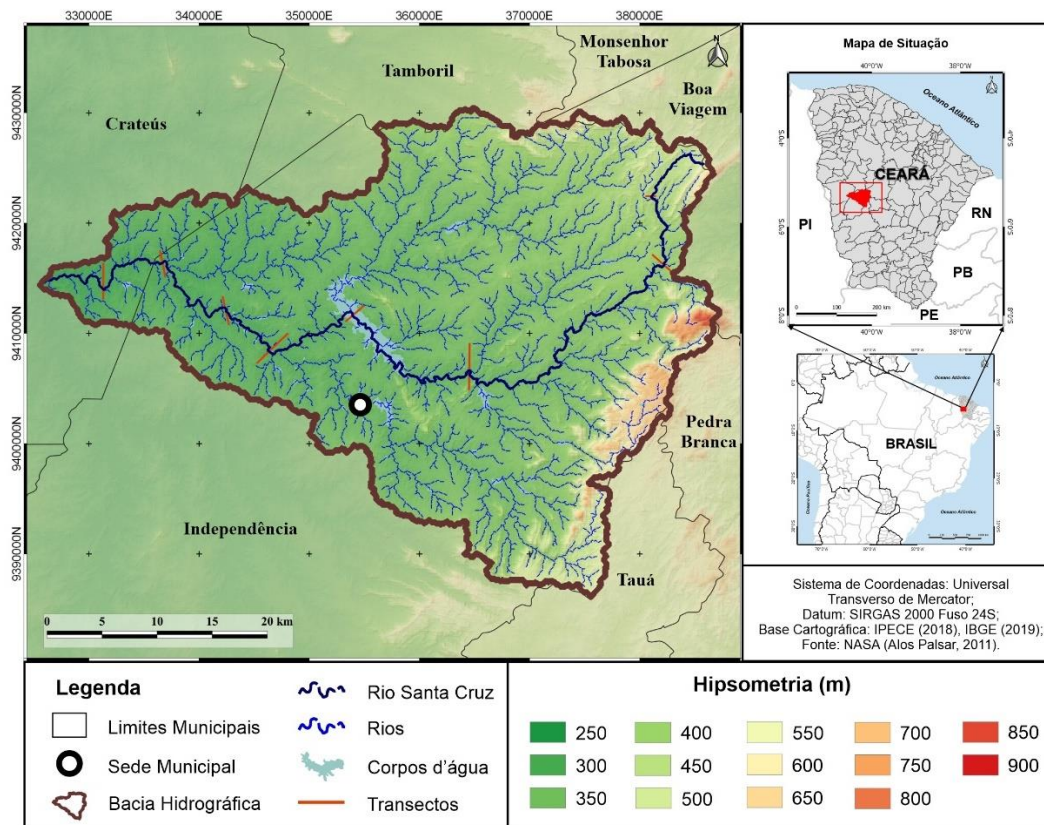


Figura 1 – Localização e hipsometria da BH do rio Santa Cruz- Sertões de Crateús/CE-Brasil.



Figura 2 - Vista panorâmica a partir do médio curso da BH do rio Santa Cruz em Independência/CE retratando, ao fundo, todos os seus interflúvios leste e norte.

A rede de drenagem está intimamente correlacionada com os aspectos climáticos e litológicos da BH. Neste âmbito, a drenagem está encaixada em rochas cristalinas (figuras 2 e 3), com exceção dos delgados sedimentos arenoquartzosos ou argilosos presentes nos canais (depressões e soleiras) e nas planícies fluviais. As rochas cristalinas implicam na extensão, densidades e tropia dos rios, bem como na morfologia de todo o sistema fluvial, pois suas estruturas e resistências diferenciadas à erosão criam circunstâncias diferenciadas que condicionam a rede de drenagem e seus constituintes paisagísticos.

A figura 3 que demonstra o recorte das informações do trabalho de Pinéo et al., (2020), expõem as principais características da litoestrutura da área analisada. Desse modo, verifica-se que BH está totalmente inserida na Província da Borborema Setentrional, particularmente, no Sistema de Dobramentos rio Curú-Independência integrante do Domínio Tectônico (Forgiarini e Braga, 2011).

A BH é formada por rochas ígneas, sobretudo metamórficas pré-cambrianas (milonitos, migmatitos, granitóides, gnaisses, xistos e quartzitos), com destaque para as neoproterozóicas que apresentam uma série de estruturas com disposições NE-SO, NO-SE e N-S, resultantes do ciclo orogenético transbrasiliano que auxiliou na condição geológica da área e na morfoestrutura da paisagem atual.

Tratando disso, examinando a figura 3, verifica-se que o rio principal dissecar diretamente seis unidades litológicas de rochas ígneas e metamórficas (NPciqx, NPci, PP2alms, NP3εγ3, NP3tsm e NP3γlg) que apresentam foliações, resistências variadas frente à erosão, disposições e estruturas que implicam diretamente na orientação do perfil longitudinal e transversal do rio Santa Cruz.

Embora as litologias sejam cristalinas e relativamente impermeáveis, suas resistências diferenciadas à erosão são evidentes porque há maiores concentrações de drenagens nas porções sudeste e centro-norte da BH em decorrência dos

micaxistos, migmatitos, gnaisses, gnaisses das unidades NPci e PP2al e de suas estruturas. As menores resistências dessas ao intemperismo ocorre em razão das suas composições mineralógicas apresentarem minerais máficos e por serem anisotrópicas, facilitando as ações intempéricas e a erosão das rochas.

A rede de drenagem habitualmente exhibe inflexões com ângulos de 90° e detém significativas sinuosidades ao longo do seu trajeto, demonstrando que o condicionamento estrutural da morfoestrutura e do sistema fluvial. Assim sendo, viabiliza a existência dos padrões de drenagens variados, a superimposição parcial dos rios à litoestrutura e repercutindo nas características longitudinais e transversais dos perfis dos rios.

A inter-relação do clima tropical quente semiárido com as rochas cristalinas com deformações estruturais, influenciam no sistema de drenagem e evidenciam diversas anomalias e padrões morfológicos distintos, como o subparalelo (sul, centro-nordeste e leste), dendrítico (norte e centro-oeste) e em treliça (sudeste).

Na extremidade sudeste da BH, há o padrão treliça que se desenvolveu sobre um maciço elevado oriundo de dobramentos e sistemas distensivos sobre as unidades PP2alms, PP2trs, especialmente, sobre PP2trss. O padrão dendrítico está estabelecido nos pediplanos, nas porções norte e centro-oeste, sobretudo nas unidades NPci e NP3εγ3plg, em virtude da relativa homogeneidade litológica, resistências similares ao intemperismo e erosão e menores influências de falhas ou de dobras.

O padrão paralelo está vinculado aos sistemas distensivos, zonas de transcorrências e áreas com antiformal sobre pediplanos e as seguintes unidades litológicas PP2alms, PP2trs, NP3tsd, NPciqx e NP3tsm, por exemplo. Apesar das estruturas citadas, a área é tectonicamente estável, embora manifestações de sismos tenham sido documentadas nas proximidades da BH, porém não estão vinculados às zonas ativas, mas à acomodação dos maciços intraplaca.

Inter-relações do clima com os elementos da BH do Rio Santa Cruz

No tocante ao clima, o climograma com os totais pluviométricos anuais ao longo de 17 anos (gráfico 1), demonstra uma significativa variabilidade pluviométrica inter-anual que é uma das características climáticas que repercute na fisionomia das paisagens semiáridas da BH, visto que se inter-relaciona com os demais elementos ambientais.

Os anos com maiores precipitações foram 1974 (1145,3 mm), 1975 (970,6 mm), 1984 (930,7 mm), 1985 (1136,8 mm), 1989 (944,5 mm), 1996 (900,3 mm) e 2009 (962,4 mm), pois os sistemas atmosféricos causadores de chuvas na área de

pesquisa foram influenciados pela *La Niña*. Quanto aos anos estios, identificou-se 1982 (248,2mm), 1983 (311,8 mm), 1990 (311,3 mm), 1993 (195,5 mm), 2012 (74,4 mm) e 2013 (305,4 mm) e suas causas atrelam-se ao *El Niño* porque sofreram suas ações ou representam anos neutros precedidos pelo evento referido.

Acredita-se que os anos de 2012, com média de 74,4 mm, seguido pelo ano de 1998 com 195,5 mm representam episódios pontuais por sinalizarem possíveis falhas nas estações meteorológicas em razão das médias serem demasiadamente baixas, visto que costumam chover mais de 200 mm anuais.

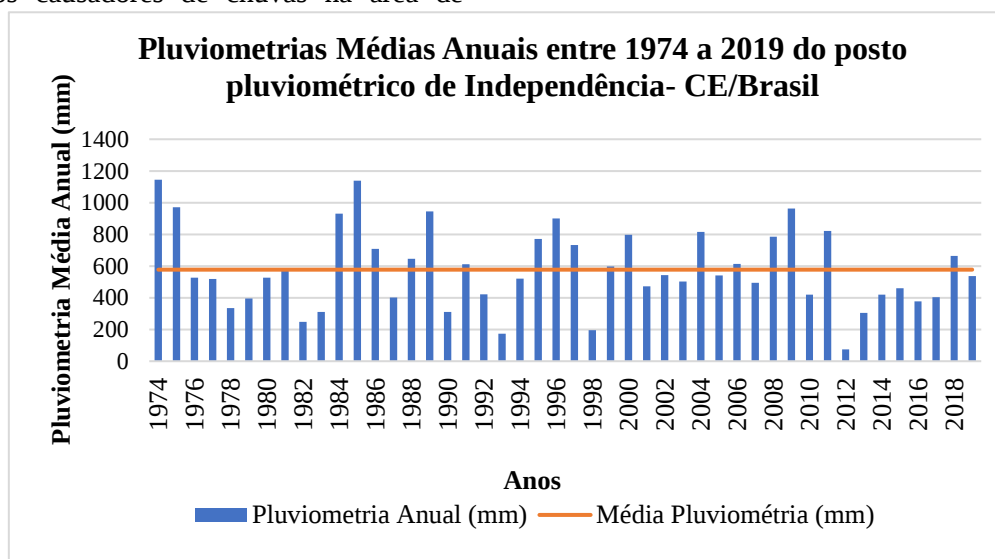


Gráfico 1 – Série histórica das médias anuais dos totais pluviométricos ocorrentes na BH do rio Santa Cruz entre 1974 a 2019.

A média pluviométrica dos anos da série histórica considerada foi de 577,7 mm anuais, elencando tal variável às temperaturas médias entre 26° a 28°, a mais de 2000 horas de insolação anuais (Ceará, 2017), às altas taxas de evapotranspiração e às chuvas torrenciais temporo-especialmente irregulares concentradas entre fevereiro a abril, o clima passa a ser classificado como tropical quente semiárido.

Essa configuração climática é promovida pelas atuações de diversos sistemas atmosféricos, como: *El Niño*, *La Niña*, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Complexo Convectivo de Mesoescalas (CCMs) (Ferreira e Mello, 2005; Gomes, Zanella e Oliveira, 2017; Moraes e Abreu, 2021; Pereira et al., 2021). Além, desses, influem a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Ventos Alísios de Sudeste e Nordeste e a Pressão ao Nível do Mar (Silva e Oliveira, 2018).

Esses são os sistemas responsáveis pelas precipitações pluviais na área de pesquisa, assim dependendo dos seus arranjos e intensidades, as chuvas torrenciais podem ser abundantes ou escassas. A ausência desses sistemas e a atuação da Massa Equatorial Atlântica (MEA) ocasionam a estiagem que se manifesta, a partir do mês de junho estendendo-se até meados de dezembro ou janeiro.

Na figura 4, que considera as precipitações em todo o município de Independência-CE (série 2001 a 2015), repara-se que os espaços imediatamente situados a sotavento dos interflúvios leste e norte do território possuem menos precipitações anuais em razão da orografia, fato constatado por Silva e Oliveira (2018). Nesta perspectiva, verifica-se que as distribuições pluviométricas irregulares também estão presentes na BH do rio Santa Cruz, afinal cerca de 93,7% de seus espaços estão neste município.

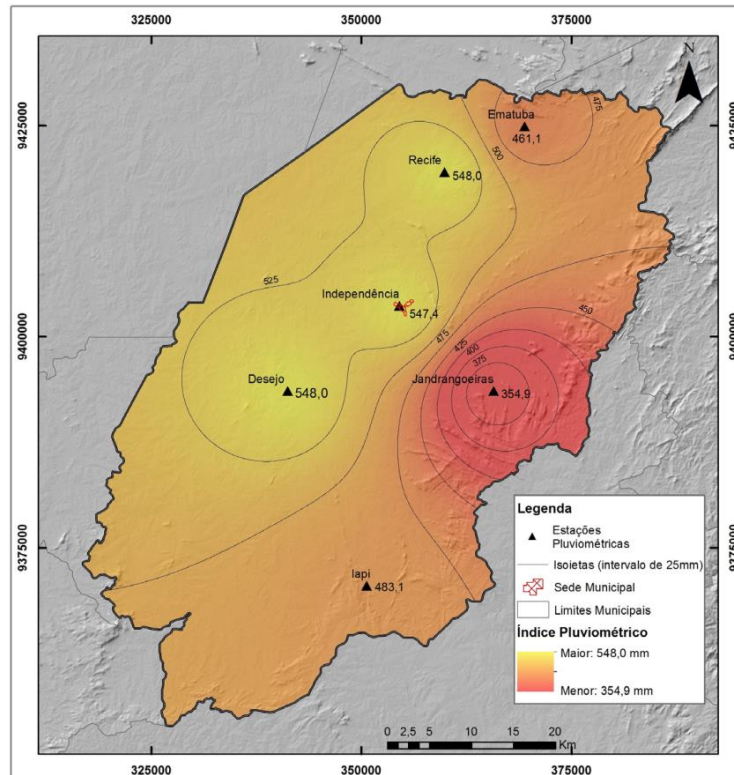


Figura 4 – Distribuição pluviométrica no município de Independência-CE/Brasil. Fonte: Silva e Oliveira (2018).

Embora ocorra relevos elevados na área em apreço, não há enclaves úmidos pela distância do território da costa, por estarem na vertente sotavento e ausência de sistemas úmidos para aportarem umidade nos maciços. A partir das figuras 1 e 4, percebe-se que as rochas mais erodidas e aplainadas da BH estão presentes onde há maiores índices pluviométricos, enquanto as menos dissecadas estão nos espaços estios por influência climática, mas também por corresponderem deformações crustais (dobras).

Essas características climáticas imprimem suas expressões na paisagem visto que condicionam os principais fluxos de matéria e energia nos sistemas. Por isso, alterações na temperatura e umidade repercutem sobre os demais elementos paisagísticos, alterando seus aspectos, estruturas e funções. Afinal, a baixa pluviosidade e a variação térmica auxiliam na termoclastia, na baixa dissolução dos minerais, na regressão lateral dos relevos, na formação de solos rasos e pedregosos e seleção florística e faunística da área.

Ademais, como o sistema pluviométrico é irregular, as chuvas torrenciais criam enchentes que geram pulsos episódicos e catastróficos no sistema fluvial, por ativar a erosão dos solos nas elevações e pediplanos e possibilitar a injeção de significativa quantidade de matéria e energia no

sistema fluvial. Diante disso, dificultando o estabelecimento do equilíbrio dinâmico dos rios e das planícies fluviais, criando sistemas com alterações hidrossedimentares e morfológicas complexas.

Unidades de relevo da BH do Rio Santa Cruz e seus condicionantes paisagísticos

Diante do panorama altimétrico da BH (figura 1), é possível observar que essa tem um caimento topográfico geral de lestes para oeste, sendo o primeiro o mais elevado, com cotas que chegam a 900 m de altitude, e o segundo rebaixado, com cotas inferiores a 286 m por representar o exutório do vale.

A diferença altimétrica ocorre porque as extremidades leste e norte são as bordas da subunidade tectônica Sistema de Dobramentos Rio Curú-Independência, que se limitam com outras subunidades dobradas, falhadas e topograficamente elevadas do Domínio do Ceará Central (Forgiarini e Braga, 2011). Assim, abrangem parcialmente o complexo montanhosos de Pedra Branca e da Serra das Matas, que contém a Serra Branca que é o pico mais elevado do Ceará.

Os intervalos com as cotas dominantes espacialmente na BH, são os de 300 a 400 m, seguidos por 400 a 500 m, que abrange os

pediplanos desenvolvidos pelas ações do clima semiárido, por meio da erosão paralela e fluvial, sobre rochas relativamente menos resistentes e/ou que não foram soerguidas. As áreas mais rebaixadas estão nos fundos dos vales, por isso a menor cota identificada, 278 m, está no exutório da BH devido ao condicionamento estrutural e ao declive para o fundo do vale do rio Poti.

Com base na figura 5, detectou-se que 44,76% do relevo da BH é plano, 37,59% é suave ondulado, 6,56% é ondulado, 4,17% é fortemente

ondulado, 0,53% é montanhoso e 6,36% fortemente montanhoso. Tais declividades centram-se em lugares particulares visto que as áreas planas e suaves onduladas vigoram nos fundos dos vales e nos pediplanos, enquanto as demais estão associadas aos interflúvios que são as áreas mais elevadas resistentes a erosão diferencial, como maciços residuais e estruturais, bem como cristas e *inselbergs*.

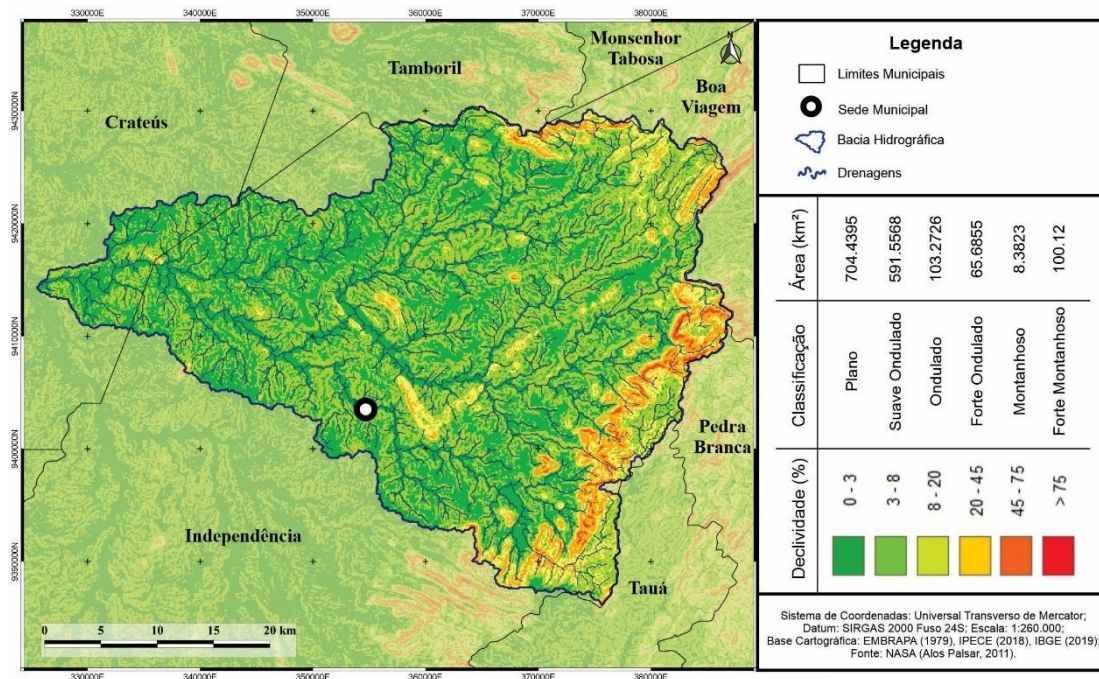


Figura 5 – Distribuição das classes de declividade do relevo da BH do rio Santa Cruz, Sertões de Crateús/CE-BR.

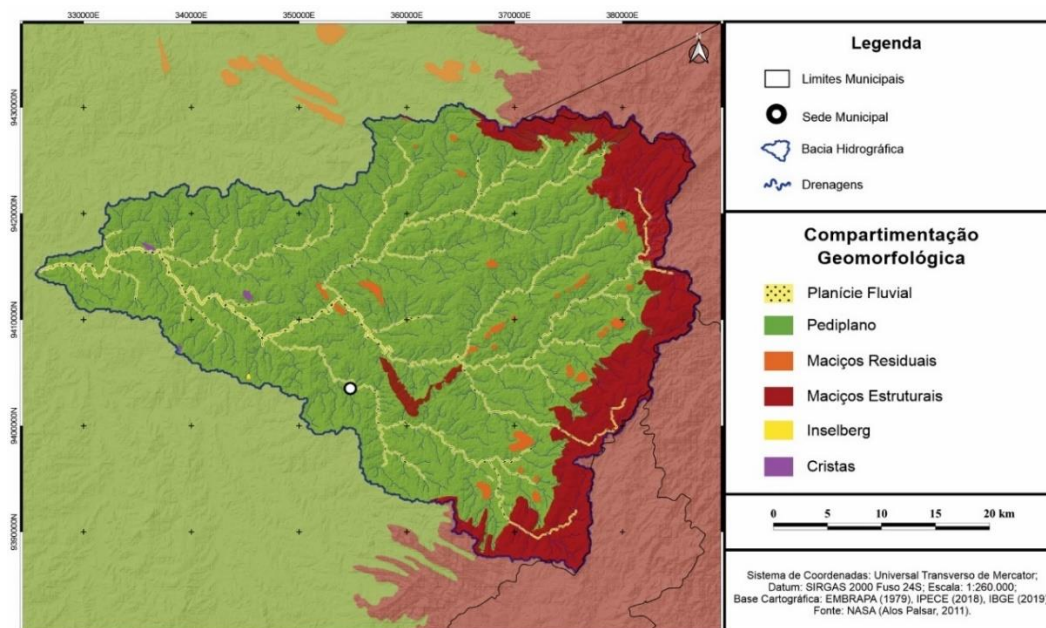


Figura 6 – Tipos de relevos presentes na BH do rio Santa Cruz, Sertões de Crateús-CE/Brasil.

A BH detém relevos distintos decorrentes da variabilidade (paleo)climáticas, de rochas cristalinas, de deformações crustais, da exumação e da pediplanação da superfície ao longo do tempo. A compreensão desta dimensão da paisagem depende do entendimento alguns aspectos litoestruturais (figura 3), climáticos e geomorfológicos, como a altimetria (figura 1) e a declividade (figura 5), para subsidiarem as interpretações dos agentes e processos construtores do modelado atual ou pretérito (Costa et al., 2020; Claudino-Sales, Lima e Diniz, 2020; Lima, Claudino-Sales e Oliveira, 2021; Arrone e Amorim, 2022). Isto posto, identificou-se seis formas de relevos (figura 6) que são apresentados e descritos a seguir.

Pediplanos – superfícies planas ou suave onduladas desenvolvidas entre cotas de 286 e 450 metros de altitude e com declividades variantes entre 0 a 8% (figuras 7, 8, 9 e 10). São produtos das coalescências de pedimentos gerados pelo recuo paralelo das vertentes em climas áridos ou semiáridos e, habitualmente, comportam *inselbergs* e lajedos ou são intercalados ou circundam os maciços residuais e estruturais.

Maciços Residuais – elevações de rochas do cristalino provenientes de dobramentos ou falhamentos. São relevos dissecados e que sofreram, significativamente, com o recuo paralelo de suas vertentes sob clima secos e parte de sua altitude sob climas úmidos pretéritos (figuras 7, 8 e 9). Estabelecem-se entre 450 a 600 m de altitude com topos convexados e encostas convexas, côncavas ou escarpadas, frequentemente, possuem caos de blocos em suas vertentes e topos. Detêm declividades que variam de sua base ao topo (8% a mais de 75%) e exibem características morfológicas que denotam sua residualidade, como fragmentação de suas estruturas e dissecações diferenciadas.

Maciços Estruturais – são altos topográficos de rochas cristalinas estabelecidas entre 450 a 900 m de altitude inseridas no pediplano e apresentam declividades entre 8% a

mais de 75%, conforme a sua altura e modelado. Destacam-se por serem relevos com topos convexos ou planos e alongados; e com vertentes côncavas ou escarpadas, em razão de falhas, diques e fraturas em sua litoestrutura (figuras 8 e 9). Tais relevos têm sido esculpturados por ações erosivas dada às altas declividades que possui e há atuação do recuo paralelo de suas vertentes que criam depósitos coluvionais delgados em sua base, mas mantém sua altitude.

Cristas – relevos topograficamente positivos e lineares gerados pelas ações de falhamentos, diques de rochas ácidas, resistentes ao intemperismo, sob influência de erosão em clima árido e semiárido (figuras 10 e 11). Emergem como elevações lineares no pediplano, exibindo topos rochosos e encostas côncavas com presença de depósitos coluvionais na base, causados pelo recuo paralelo das suas vertentes. Ocorrem sobretudo na cota altimétrica de 300 a 350 metros, com aclives superiores de 20% na sua base e superiores a 75% no seu topo.

Planície Fluvial – relevos planos e com distribuições irregulares existentes ao redor dos fundos de vales onde há o predomínio dos processos de agradação fluvial sobre o de erosão (figura 12). Estão presentes sobre quase todas as cotas altimétricas, porém surgem em relevos com declividades que possibilitem a deposição de sedimentos fluviais nas bordas dos rios e riachos (0 a 8%). Apresentam dimensões (largura, comprimento e espessuras) e geometrias variadas segundo as especificidades do canal fluvial, material sedimentar, posição do relevo que ocupa e do fluxo hidrossedimentológico do rio.

Inselbergs – elevações monolíticas graníticas dispostas de N-S, provenientes da erosão diferencial de monogranitos da intrusão plutônica estabelecida na ZCT (figura 13). Apresentam-se em cota altimétrica de 350 metros, declividades superiores a 45% e com superfície modelada pela fragmentação e pela dissolução, sobretudo, nas intrusões máficas.



Figura 7 – Sede do Município de Independência assentada sobre o pediplano e bordejada por planícies fluviais e por maciços residuais. Fonte: Marcela Torres Teixeira (2012).



Figura 8 – Pediplano e os maciços residuais e estruturais do leste da BH do rio Santa Cruz, Sertões de Crateús-CE/Brasil. Fonte: Marcela Torres Teixeira (2012).



Figura 9 - Vista panorâmica sobre o açude Barra Velha, visualizando a inundação de toda a planície fluvial deste setor, e apresentando o pediplano e os maciços residuais e estruturais. Fonte: Marcela Torres Teixeira (2012).



Figura 10 -Visão de parte do pediplano do médio e baixo curso da BH, ao fundo, uma crista quartzítica.



Figura 11 – Crista condicionada por falha no baixo curso do rio Santa Cruz, Sertões de Crateús-CE/Brasil (2020).



Figura 12 - Planície fluvial do médio curso degradada e manejada para a agricultura de sequeiro (2019).



Figura 13 - Pedra Lisa: *inselberg* granítico que desponta em meio ao pediplano (2019).

Analisando-se as figuras 1, 5 e 6, percebe-se que as hipsometrias e as declividades demonstram os recuos das vertentes ou descontinuidade de relevos elevados que anteriormente contíguos, em razão das atuações de processos erosivos, e sob influência de tectônicas ruptural (fraturas e falhas), geraram os maciços residuais que exibem feições morfoesculturais (afloramentos rochosos, pavimento detrítico, caos de blocos e outros) relacionadas ao clima semiárido.

A maior cota altimétrica presente na BH se encontra na extremidade leste (Serra do Belém) e a menor altitude está na foz, a 60,05 km em linha reta. Ambas estão quase no mesmo alinhamento, sugerindo a possibilidade das influências de sistemas distensivos nessa formatação e na geração de vales incisos na extremidade leste, onde há as serras do Belém e do Tecelão.

Notou-se que tanto a hipsometria quanto as declividades são inferiores, a partir da intrusão granítica da ZCT, porque é uma área condicionada significativamente, por falhas e fraturas que favorecem uma maior dissecação do relevo. Neste âmbito, as áreas com influências das estruturas dúcteis, constituídas por granitos despontam em meio ao pediplano como colinas ou *inselbergs*, uma vez que são mais resistentes aos processos denudacionais.

As figuras 1, 3 e 5 também auxiliam no entendimento da organização da rede de drenagem que detém vários padrões e dos percursos que os rios fazem na BH. Quanto a isso, o rio Santa Cruz desenvolve várias inflexões na sua rede de drenagem, pois ao longo de todo o seu curso segue trechos com direção ora sudeste, ora nordeste ou leste condicionados pela maior ou menor resistência do material litológico (maciços residuais) e estruturas tectônicas do terreno.

Tais mudanças de direções deve-se às ações de fraturas, falhas e da ZCT que criaram altos topográficos geralmente lineares com topos convexos que orientaram a calha fluvial. Reintegra-se que parte destes relevos sofreram ações dissecativas, alguns foram desmembrados e sofreram também com os recuos paralelos das vertentes, portanto, formando maciços residuais poucos elevados (menores de 100 metros).

Vale destacar que a maioria dos cursos fluviais de 3º ordem que drenam 2/3 (da parte central a norte) da BH estão orientados para o sudoeste em razão das elevações presentes a nordeste e leste da aludida. Os rios que dissecam as paisagens limiars sul e sudeste da BH estão orientados de SE-NO, por estarem condicionados pelos sistemas distensivos que possuem conformação análoga as dos supracitados.

A vegetação é um elemento a ser considerado na estabilidade e no modelado dos relevos semiáridos, visto que as chuvas torrenciais ativam a morfogênese, via deflúvio, especialmente nas porções declivosas que costumam estar pouco vegetadas e com solos desprotegidos. Assim sendo, as áreas descobertas ou fitodesestabilizadas possuem afloramentos rochosos expostos ou susceptíveis às ações fluviais ou de encostas que atuam na sua esculturação e na geração de sedimentos com diferentes granulações.

Características vegetacionais e suas vinculações paisagísticas

Com relação à vegetação da BH do rio Santa Cruz, é classificada como Caatinga, que é a vegetação dominante no Nordeste brasileiro, em virtude da ocorrência do clima, preponderantemente, tropical quente semiárido, que condiciona os demais componentes das paisagens nordestinas (Araújo et al., 2022). O

termo Caatinga é oriundo da língua indígena tupi (Loiola, Roque e Oliveira, 2012), significando *Ka'a* (mata) e *Tinga* (branca), sendo entendido como mata branca.

As espécies vegetais são caducifólias, algumas espinhosas, com caules e galhos com colorações claras para aumentar seu albedo, diminuindo assim a sua temperatura e evapotranspiração. As folhas geralmente são pequenas ou médias para evitarem perdas hídricas, o aquecimento do vegetal e proteger-se das ações eólicas no período estio (Maia, 2004; Gomes, 2015). Tais condições são indispensáveis para habitarem as regiões semiáridas e subúmidas secas, sobretudo nos longos meses de estios do ano.

Ceará (1997) é a obra com a melhor representatividade de espacialização das unidades

fitoecológicas cearenses. Com base nesta obra, a BH discutida comporta três classes, demonstradas na figura 14: a) mata ciliar; b) caatinga arbustiva e aberta; e c) floresta caducifólia espinhosa.

A mata ciliar localiza-se ao longo dos rios desenvolvendo em suas planícies fluviais. Caracteriza-se por ser uma mata de maior porte (até 10 m de altura) do que a presente em suas adjacências (4 a 6 m de altura), abrigando espécies arbustivas caducifólias e arbóreas subperenifólias a perenifólias. É responsável pela fixação e formação dos Neossolos Flúvicos oriundos dos sedimentos fluviais numa morfodinâmica ativa na planície fluvial.

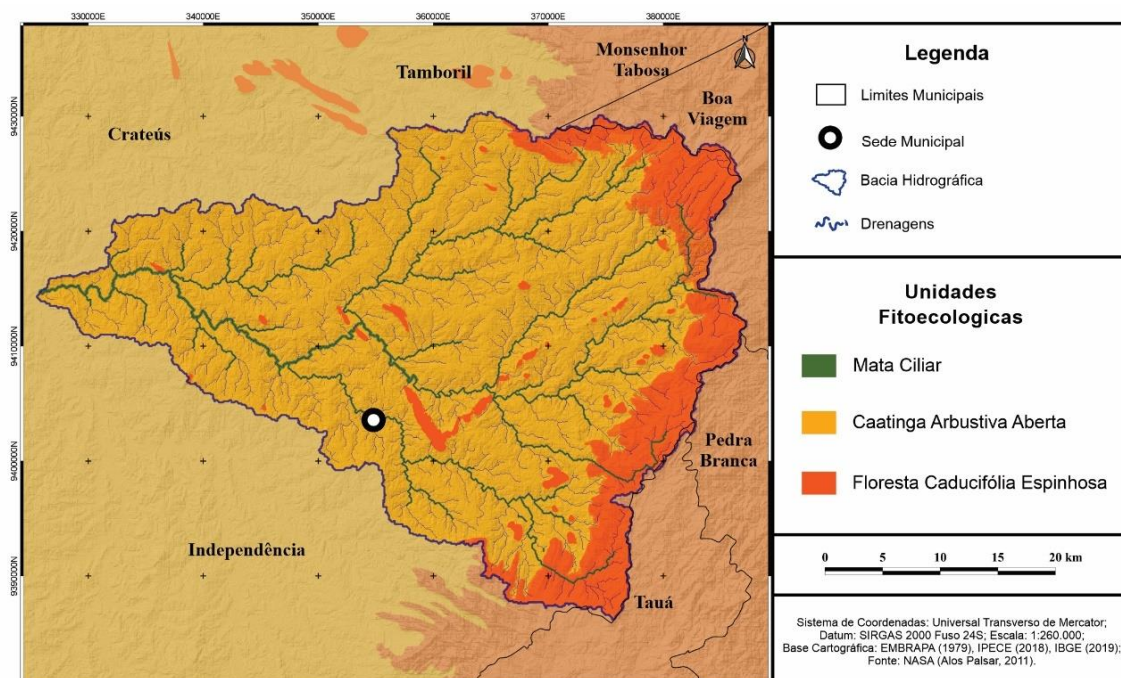


Figura 14 – unidades fitoecológicas presentes na BH do rio Santa Cruz, Sertões de Crateús-CE/Brasil (2020).
Fonte: adaptado de Ceará (1997).

Tal mata é composta por espécies vegetais ocorrentes nas demais porções da BH, contudo abriga algumas específicas como: a oiticica (*Licania rígida* Benth), jaramataia (*Vitex gardneriana* Schauer) e muquém (*Albizia inundata* (Mart.) Barneby & Grimes). Em suma, é uma unidade fitoecológica que depende diretamente das características fluviais (solos, umidade e ventos) para sobreviver e se desenvolver em meio ao semiárido cearense.

A caatinga arbustiva aberta ocorre sobre os pediplanos da BH do rio Santa Cruz. Diferencia-se por ser uma unidade composta por espécies, majoritariamente, (sub)caducifólia e de portes

arbustivos (menores que 4 m de altura), ou seja, raramente há vegetais arbóreos nesta formação vegetal.

Destaca-se que esse é o tipo de vegetação mais disseminado atualmente e ainda se discute até que ponto é inteiramente natural ou induzida pelo homem (Prado, 1981; Oliveira, 2002). Mas, há outros autores que justificam sua presença à limitação de desenvolvimento por diversas condições ecológicas como solos rasos, pedregosos, baixa e irregular distribuição pluviométrica (Prado, 2003).

As principais espécies que compõem essa unidade fitoecológica são: pereiro (*Aspidosperma*

pyrifolium Mart.); mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.); xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & Rowley); mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.); Peão-bravo (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.); canafistula (*Senna spectabilis* var. *excelsa* (Schrad.) H. S. Irwin & Barneby); sabiá (*Mimosa Caesalpiniiifolia* Benth.); jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir); e jurema branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke).

A floresta caducifólia espinhosa unidade florística situada nas áreas mais elevadas da BH (maciços), cuja porte florestal é o arbóreo (maior que 6 m, alcançando facilmente 8 m), sendo representada por árvores (sub)caducifólias e por uma perenifólia (juazeiro - *Ziziphus joazeiro* Mart.) com troncos lenhosos e claros.

Situam-se nas porções mais elevadas das paisagens em razão da maior umidade relativa e por estas possuírem algumas manchas de solos mais espessos e propícios para o seu desenvolvimento. Ademais, são áreas em que o ser humano tem limitações para degradar em função das declividades do terreno e acessos, mas, quando alcança, a degradação se manifesta em fisionomia arbustiva-arbórea espaçada.

As principais espécies arbóreas oriundas da floresta caducifólia espinhosa são: embiratanha (*Pseudobombax marginata* A. St. - Hil.); faveleiro (*Cnidocolus quercifolius* Pohl); emburana de espinho (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet); ipê (*Tabebuia* Sp.); aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão); ameixa (*Ximenia americana* L.); e juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.).

O Sistema Pedológico das Paisagens da BH do rio Santa Cruz

O sistema pedológico, dada à dimensão da BH do rio Santa Cruz, varia conforme as unidades de paisagem que coincidem com as geomorfológicas, ou seja, há uma variação de totalidades cujo arranjos de seus elementos ambientais são diferenciados e expressam-se sua fisionomia. Sendo assim, os solos, enquanto elemento paisagístico, respondem as tais diferenciações.

Embora haja a complexidade citada, os aspectos pedológicos da BH examinada ainda não são plenamente conhecidos. O trabalho com maiores informações é Brasil (1973) que, embora utilize uma escala de 1:600.000, oferece subsídios para uma nova reclassificação, a partir de Santos *et al.* (2018) e adaptação de suas informações e dados. Cabe mencionar, que os solos encontrados na BH do rio Santa Cruz estão em associações, devido à escala do levantamento pedológico (figura 15).

Um dos tipos de solos encontrados na BH analisada são os Neossolos Flúvicos Eutróficos típicos que estão nas adjacências dos rios (planícies fluviais). São solos profundos (espessuras superiores a 2 metros), eutróficos, com textura arenosa ou franco arenosa, com estruturas em blocos angulares e subangulares, alta porosidade total, densidade partícula próxima a 2,65 que reflete a sua constituição, primordialmente, arenoquartzosa (Brasil, 1973).

São, geralmente, formados por horizonte Ap e camadas C1, 2C2, 3C3, 4C4 e 5C5. Não descartando a possibilidade de horizontes transicionais nos casos em que houve intensa atividade pedoturbadora. Além disso, habitualmente estão associados aos Planossolos Hálicos ou Nátricos.

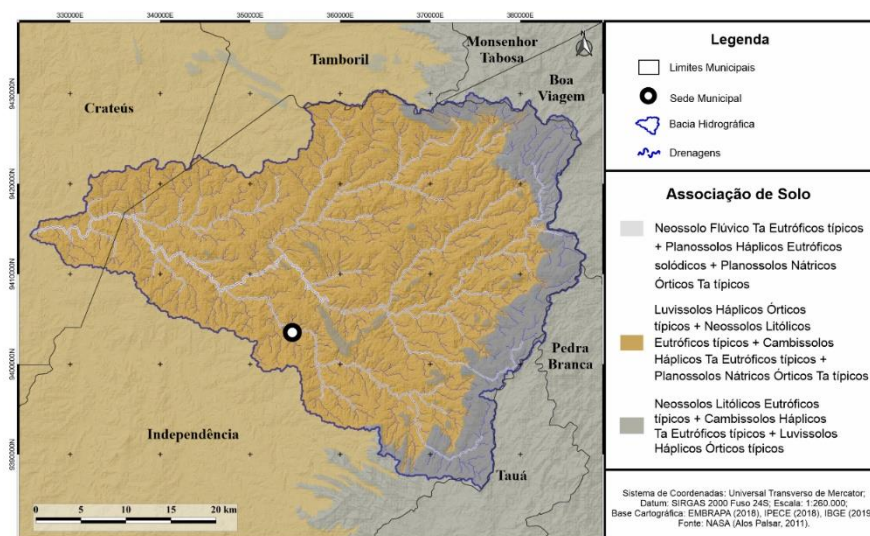


Figura 15 – Associações de Solos na BH do rio Santa Cruz-CE/Brasil.

A associação de Luvisolos Háplicos Órticos típicos, Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos típicos e Planossolos Nátricos Órticos Ta típicos abrange todo o pediplano presente na área de estudo. Tais solos estão associados no espaço e suas ocorrências dependem dos arranjos dos elementos naturais em cada contexto. Os Neossolos Litólicos e os Cambissolos Háplicos costumam ser rasos (menores que 50 cm de espessura), enquanto os demais atingem facilmente 1 m de espessura, moderadamente espessos a profundos (Brasil, 1973).

Todos os solos citados são eutróficos, porém, no caso dos Planossolos Nátricos, frequentemente, possuem uma quantidade significativa de sais, despontando como uma limitação química dos referidos. A macroporosidade não costuma ser acentuada, mas a microporosidade é mais elevada em razão dos horizontes iluviais (Brasil, 1973).

As densidades de partículas estão próximas a 2,65, indicando a expressividade do quartzo neste solo. Esses solos são sujeitos à erosão hídrica devido ao horizonte iluvial (Bt) que reduz a infiltração ao longo do perfil, favorecendo o escoamento superficial em caso de chuvas torrenciais fortes.

A outra associação de solos é constituída por Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos típicos e Luvisolos Háplicos Órticos típicos. A diferença com relação à associação anterior é a maior ocorrência dos Neossolos Litólicos que se associam com os afloramentos rochosos nos pediplanos e nas escarpas dos relevos dissecados. Logo, seus atributos físico-químicos são relativamente similares e, portanto, não descritos, a fim de evitar prolixidade informativa, visto que já foi percorrido.

Em suma, a maioria dos solos presentes na BH apresentam entre 50 a 110 cm de espessura, muitos minerais primários, pavimento detrítico, resultante da erosão laminar e deflações do material fino (silte e argilas). Isto, resulta em uma superfície difícil de ser labutada, oferecendo limitações físicas à agropecuária. Além disso, a pouca espessura desses solos repercute diretamente sobre a sua capacidade de armazenamento de água, que logo é perdida por conta das altas taxas de evapotranspiração, conseqüentemente, os vegetais tendem a murchar e perderem suas folhas.

Classes de cobertura, evolução espaço-temporal dos usos da terra e da degradação ambiental na BH do rio Santa Cruz (1985-2019)

A ocupação do território analisado principiou-se após o século XVII (IBGE, 1959; Motta, 1987), ocupando inicialmente os fundos dos vales da BH, pelas condições biofísicas favoráveis (água, solos, mata, microclima e acessibilidade) e nos pediplanos em razão de terrenos planos ou suave ondulados com potenciais agrícolas e para pastagens, como também por sua contiguidade com as planícies fluviais.

As áreas elevadas foram menos ocupadas se comparadas com as demais unidades de paisagens por oferecerem limitações (declividade acentuadas, afloramentos rochosos, dificuldade de acesso e mobilidade de pessoas, bens e serviços) para o desenvolvimento agrícola e para a criação de gado. Mesmo assim, houve o uso exaustivo de seus recursos naturais, com destaque para a sua vegetação e seus solos.

Por séculos, a distribuição fundiária na área de pesquisa era concentrada nas mãos de senhores de escravos e, posteriormente, por coronéis. Tal característica deixou implicações socioambientais visíveis até o presente, ilustrado pela concentração das terras sob famílias específicas, na formação do núcleo urbano e das vilas distritais, bem como na distribuição das áreas mais ou menos usadas/ocupadas da BH.

Sobre a BH, estão assentes os distritos de Ematuba, Independência e Jandrangoeira que surgiram e evoluíram a partir de fazendas de gado. Isto posto, de acordo com as figuras 16 e 17, percebe-se que os espaços mais utilizados são os de Jandrangoeira e de Independência (polígonos amarelo e alaranjado próximos as bordas leste e sudeste da BH), por serem áreas secularmente concentradas nas mãos de poucas, cerca de três famílias. Estas terras foram e são ocupadas para fins agrícolas e para a criação de gado. Além disso, o potencial ecológico, acessibilidade e proximidades com o centro urbano também corroboraram para essa ocupação.

Com o transcorrer dos anos, as famílias foram aumentando e segmentando-se, repercutindo na distribuição fundiária. Atualmente, o módulo fiscal do município de Independência é de 80 ha e a BH contém, majoritariamente, pequenas e médias propriedades, segundo a classificação da Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.

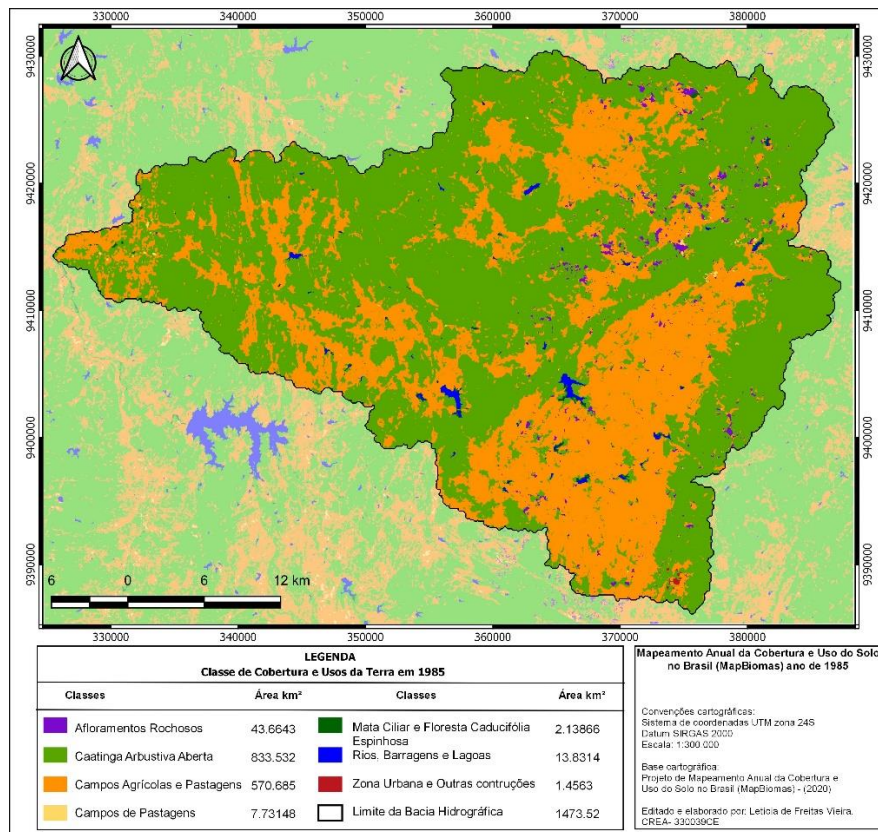


Figura 16 – Classes de Cobertura e Usos da Terra da BH Santa Cruz em 1985.

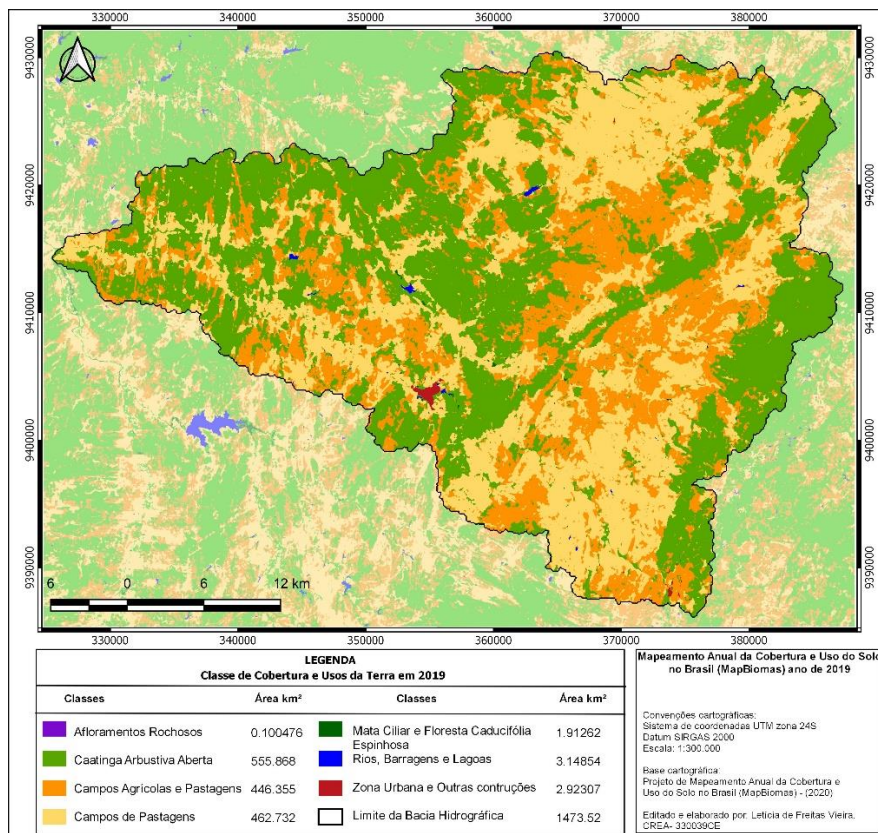


Figura 17 – Classes de Cobertura e Usos da Terra da BH Santa Cruz em 2019.

Com base nas figuras 16 e 17 e nos trabalhos de campo, detectou-se que os espaços das planícies fluviais ou perpendicularmente às estradas e/ou paralelamente as elevações foram e são os mais explorados. As vias pavimentadas ou carroçais são atualmente os principais vetores para a ocupação do território, por isso há os acréscimos de espaços usados nos setores norte e oeste da BH, onde é possível identificar faixas amarelas e alaranjadas que indicam campos agrícolas e de pastagens.

As figuras 16 e 17 demonstram que houve uma vasta expansão do uso no centro-norte da BH, notadamente para fins de pastagem. Isso ocorreu porque essas áreas possuem planícies fluviais estreitas e com maior potencial para pastagens em virtude dos solos rasos e afloramentos rochosos. Portanto, diferindo da situação da porção centro-oeste da BH.

Ao analisar, especificamente, as classes de cobertura e os usos da terra, entre 1985 e 2019 (figuras 16 e 17) e com base nos trabalhos de campo, identificou-se que alguns afloramentos rochosos foram considerados em espaços onde há manchas pedológicas com assinaturas espectrais e cores semelhantes aos afloramentos, portanto implicando no superdimensionamento das suas áreas espaciais em 1985, porém houve seu decréscimo em 2019 em razão do aperfeiçoamento das imagens de satélites e de suas análises.

Embora as áreas dos afloramentos rochosos tenham diminuído de 43.6643 km² para 0.1004 km², entre 1985 e 2019, na realidade houve o aumento dessas em decorrência dos desmatamentos e ao manejo irregular da terra que desencadearam a expansão da erosão sobre os solos rasos e a consequente exumação das rochas. Os dados não atestam isso por conta da resolução espacial das imagens que empregam e porque há indícios de falhas na classificação, apesar de ter sido aprimorada.

A caatinga arbustiva aberta é a vegetação dominante na área pesquisada e, em 1985, abrangia um espaço aproximado de 833.532 km², porém foi degradada para a criação de campos agrícolas, pastagens, construção de estradas, barramentos e das habitações. Nessa perspectiva, em 2019, sua representatividade caiu para 555.868 km², sinalizando o alargamento das atividades produtivas, caráter exploratório e insustentável de seus recursos naturais perante a ausência de manejo florestal conservacionista.

Os campos agrícolas e pastagens diminuíram de 570.685 km² para 446.355 km², pois os espaços agrícolas foram degradados e/ou

abandonados devido às dificuldades logísticas, às secas e ao êxodo rural, tornando-se campos de pastagens para pecuária, caprinocultura e ovinocultura extensiva de corte. Tal dado, desperta a preocupação relacionada à degradação ambiental e à ausência de políticas públicas que fomentem a produção e o manejo sustentável desses espaços semiáridos.

Afinal, o abandono de campos agrícolas e sua conversão em pastagem geralmente indica perda do potencial produtivo da paisagem que geram prejuízos socioambientais, comprometendo a soberania alimentar, a elevação da pobreza, a migração populacional da zona rural para a urbana, a ativação de uma série de problemas sociais e entre outros.

Os campos de pastagens especializavam-se por 7.7314 km² em 1985, contudo sofreram um incremento substancial para 462.732 km² em 2019. Acredita-se que o valor inicial foi subestimado, tendo em vista que a área foi secularmente ocupada para fins da criação de gado, sendo que as primeiras fazendas desenvolviam essa atividade conjuntamente com a agricultura de subsistência. Apesar do manejo pecuarista ser extensivo, não demandava necessariamente desmatamentos das matas porque o gado vivia em meio a caatinga.

Quanto à elevação da área de campos de pastagens em 2019, há consonância com a realidade porque antigas áreas com matas foram suprimidas e os campos agrícolas foram abandonados pela sua degradação e/ou dificuldade de exercer a agricultura tradicional no semiárido. Ademais, há atração que o centro urbano exerce sobre as populações rurais que visam melhores condições de bem-estar (alimentação, saúde, renda, segurança, educação, boas condições de trabalho e entretenimento). Porém, acredita-se que parte de seus espaços agreguem campos agrícolas também pela limitação da técnica.

A mata ciliar e floresta caducifolia espinhosa teve uma retração de 2.1386 km² para 1.9126 km² durante os anos analisados. Com os trabalhos de campo, verificou-se que inicialmente ocupava uma vasta área englobando partes dos topos dos maciços estruturais e todas planícies fluviais. Entretanto, em razão do seu potencial madeireiro e por ocuparem espaços adequados para a agricultura temporária ou anual, foi desmatada e seus espaços convertidos em campos agrícolas e pastagens ao longo de toda a ocupação da BH.

Nesses termos, sua representatividade em 1985 não representa sua totalidade, mas seu fragmento que continua sendo degradado até o presente. Destaca-se que a classe examinada

congrega, sobretudo, porções das matas ciliares, pois a fração presente nas elevações foi destruída, restando algumas espécies arbóreas que sinalizam a transformação paisagística.

A classe rios, barragens e lagoas teve uma retração apreciável de 13.8314 km² para 3.1485 km². Contudo, esses valores estão subestimados porque foram construídas o açude Barra Velha (99.500.000 m³) e diversos microbarramentos, em razão da política de açudagem cearense e da expansão da ocupação da BH a partir de 1980. Desse modo, houve o crescimento dos espaços utilizados para as construções de microbarramentos que são as principais fontes hídricas dos sertanejos que habitam difusamente o território. Ademais, considerando a escala do mapeamento e a resolução das imagens de satélites, percebe-se que a maioria dos rios/riachos e algumas lagoas não foram devidamente apreciadas, logo não repercutindo diretamente para o incremento da área da classe.

Tratando da categoria zona urbana e outras construções, observou-se a elevação de seus espaços que passou 1.4563 km² para 2.9230 km². A adição da classe está relacionada à expansão urbana da sede de Independência, de sedes distritais e da exposição de manchas de solos com assinaturas espectrais similares as das telhas das casas. Por isso, há manchas desde 1985 na extremidade sudeste da BH, onde não há zona urbana, vila ou aglomerado de construções, mas habitats difusos em meio ao semiárido. Não obstante, é uma classe que, ao somar-se com as demais, sinaliza a expansão do uso da terra de modo acentuado e desordenado.

Considerações finais

Nas análises realizadas, verificou-se que a BH está majoritariamente situada no território de Independência-CE, concentrando um percentual de 93,75% da sua rede de drenagem. Esta se encaixa nos substratos do embasamentos pré-cambrianos que implica na quantidade de nascentes (cerca de 736), nos padrões de drenagens (paralelo, dendrítico e em treliça), na morfologia do perfil longitudinal e transversal.

A BH está orientada de leste a oeste devido à tectônica ruptural (falhas, fraturas e cisalhamentos) que geraram o vale do rio Poti. O quadro geológico do espaço da BH possui diversas deformações atreladas ao Ciclo Orogenético Brasileiro que foi o maior evento deformacional registrado até o momento na área. Por isso, há o predomínio de granitóides, migmatitos, gnaisses,

xistos e várias estruturas rúpteis e dúcteis em seu espaço, expostas na superfície devido aos processos denudacionais.

A complexidade paisagística da área deve-se parcialmente às ocorrências de vários processos geológicos vinculados a agradação, erosão, dobramentos, distensão, tensão, cisalhamentos, intrusão de magma e outros ao longo de sua formação que remonta ao Pré-Cambriano que criaram a distribuição dos litotipos na BH, evoluindo-se até o Holoceno.

O clima tropical quente semiárido presente na BH é caracterizado por chuvas torrenciais, têmporo-espacialmente irregulares e temperaturas médias anuais elevadas. As atuações dos sistemas atmosféricos criam paisagens semiáridas com morfologias específicas e condicionam as características dos demais elementos naturais, como o modelado, os solos e vegetações que, por sua vez repercutem sobre o sistema de drenagem e seus constituintes.

O regime pluviométrico é influenciado pelo efeito orográfico dos maciços residuais e estruturais porque, em suas adjacências, há menores valores de precipitações médias anuais. O clima atual favorece a dominância da termoclastia e recuo lateral dos relevos, embora há evidências de dissolução nas rochas e no modelado que denota herança de clima pretérito mais úmido.

Evidenciou-se que o modelado da área de estudo é influenciado pelas estruturas litológicas que foram exumadas e esculturadas ao longo do tempo geológico. Presentemente, suas morfologias são derivadas das inter-relações entre as ações climáticas e o substrato rochoso, criando distintas formas de relevos como: os maciços residuais, estruturais e *inselbergs* ou as áreas rebaixadas, os pediplanos e planícies fluviais que evidenciam as ações esculturais do clima semiárido sobre litotipos variegados.

As hipsometrias e as declividades sugerem que as rochas cristalinas presentes nos pediplanos apresentaram poucas diferenciações de resistências frente à pediplanação, visto que não há mudanças bruscas na topografia que é basicamente plana a suave ondulado. As maiores elevações estão relacionadas as ações de falhas de cavalgamentos presentes na extremidade leste e na porção central da BH. Os vales fluviais são habitualmente largos e sem encostas declivosas que reforça a perspectiva de que é um modelado que sofreu aplainamento expressivo.

Os solos são eutróficos, rasos, pedregosos e com rochosidades e distribuem-se segundo as unidades de paisagem da BH em razão das

complexas inter-relações dos elementos e processos paisagísticos. A ocorrência de rochas ígneas e metamórficas ricas em minerais primários submetidos ao clima atual e com as atuações dos organismos viabilizam as características pedológicas citadas.

Os solos mais desenvolvidos são aqueles presentes nas planícies fluviais, Neossolos Flúvicos e Planossolos Háplicos, por estarem em setores com constantes agradações fluviais, e também os Luvisolos Crômicos e Háplicos por sua vinculação com rochas metamórficas com significativa quantidade de minerais primários máficos. Esses são susceptíveis a oxidação e liberam os óxidos que conferem as cores vermelho-amareladas nos solos.

Já os Cambissolos e os Neossolos Litólicos distribuem-se sobretudo sobre os setores mais secos e com rochas isotrópicas com constituições mineralógicas félsicas (plagioclásios, quartzos e moscovitas). Por isso, frequentemente exibem colorações cremes e estão associados aos afloramentos rochosos graníticos ou de outros granitóides. Ademais, ocorrem massivamente em meio aos calhaus e matacões presentes nas encostas das elevações, como os maciços referidos.

No âmbito vegetacional, além das três unidades fitoecológicas, notou-se que há a vegetação hiperxerófila nas paisagens saprolíticas e/ou onde os solos são rasos e degradados. A distribuição da vegetação está orientada de acordo com os condicionamentos ambientais, por isso a floresta caducifólia espinhosa e as matas ciliares representam as unidades com espécies de porte arbóreo, mas que se localizam onde os solos são desenvolvidos e/ou nas áreas com maiores umidades.

A análise das classes e tipos de uso da terra de 1985 e 2019 indicaram alterações paisagísticas expressivas, notadamente no que tange aos aumentos dos desmatamentos para obtenção de recursos naturais e utilização de seus espaços para agricultura e pastagem que tende a ocupar quase todas a BH. A pastagem foi a classe e tipo de uso que mais cresceu devido à degradação das áreas agricultáveis associadas com as limitações da produção de sequeiro relacionadas às secas e falta de estímulos para o setor.

A floresta caducifólia espinhosa foi é a vegetação mais degradada na área estudada e muitas de suas espécies foram conservadas nas matas ciliares. O acréscimo dos afloramentos rochosos e da zona urbana e outras construções estão vinculadas à elevação de suas áreas em razão da degradação dos solos rasos, ao crescimento

urbano e de outras construções (fazendas, barragens, estradas, etc.). Ademais, esboçam dados com imprecisões técnicas por considerarem áreas com exposições pedológicas como afloramentos rochosos ou como áreas onde há construções/zona urbana.

Verificou-se também a elevação na área ocupada pelos corpos hídricos, produtos da política de açudagem no Ceará desde 1980 e pela modificação da estrutura fundiária que dividiu as propriedades, viabilizando os usos de novas terras, com isso houve a construção generalizada de microbarramentos na BH.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico-FUNCAP e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), respectivamente pelas bolsas de doutorado e doutorado sanduíche em Cabo Verde por meio do Programa Associação das Universidades de Língua Portuguesa (AULP) 88887.198996/2018-00. Obrigado a Alistair Douglas Simpson pelas contribuições nas traduções do resumo e correção ortográfica.

Referências

- Araújo, H. F. P. et al., 2022. The Caatinga region is a system and not an aggregate. *Journal of Arid Environments*, 203, p. 104778.
- Arrone, P. H.; AMORIM, R. R., 2022. Fundamento teórico metodológico da análise da paisagem como indicador para gestão ambiental numa bacia hidrográfica. *Espaço em Revista*, Goiânia, 24, 195–217.
- BRASIL. SUDENE/EMBRAPA, 1973. Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife: Bol. Téc. Nº 28, Série Pedologia.
- Bertrand, G., 1969. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. In: *Caderno de Ciências da Terra*, v.13, São Paulo, IGEOG, USP.
- Bertalanffy, L. V., 1977. *Teoria Geral dos Sistemas*. 3. ed. Petrópolis, Vozes
- Carvalho, A. T. F., 2020. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, 1, 140-161
- CEARÁ. Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2017. Perfil

- Básico Municipal de Independência - CE. Fortaleza: IPECE, 2017.
- CEARÁ. Instituto de Planejamento do Ceará-IPLANCE, 1997. Atlas do Ceará. Fortaleza: IPLANCE.
- Christofolletti, A., 1979. *Análise de Sistemas em Geografia*. São Paulo: HUCITEC:Ed. da Universidade de São Paulo. 106p.
- Christofolletti, A., 1981. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher. 313p.
- CLAUDINO-SALES, V.; LIMA, E. C.; DINIZ, S. F. *Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Acaraú, Ceará, Nordeste do Brasil*. Revista Geonorte, 11, 90-109.
- Costa, L. R. F. et al., 2020. *Geomorfologia do Nordeste Setentrional brasileiro: uma proposta de classificação*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 21, 185-208.
- Barbosa, v. V.; COSTA, L. R. F., 2021. *Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego João Moreira, São João da Ponte: MG*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, p. 2966-2974.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1979. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos*. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula...Rio de Janeiro. 83p.
- Ferreira, A. G.; MELLO, N. G. da S., 2005. *Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região*. Revista Brasileira de Climatologia. Rio de Janeiro. v. 1, n. 1. p. 15-28.
- Forgiarini, L. L.; BRAGA, I. F., 2011. *Mapa geológico do Estado do Ceará– Escala 1:100.000*. Fortaleza: MME/CPRM.
- Gomes, R. C., 2015. *Análise geoambiental da degradação do sistema e subsistemas da microbacia hidrográfica do riacho Carrapateiras-Tauá/CE*. Fortaleza: UFC. 296p.
- Gomes, R. C.; Paiva, L. G. G.; Oliveira, V. P. V., 2017. *Elementos naturais que fundamentam a conservação das serras semiáridas do centro-oeste cearense*. Revista de Geografia (Recife), 34, 118-136.
- Gomes, R. C.; ZANELLA, M. E.; OLIVEIRA, V. P. V., 2017. *Análise das Características Climáticas do Município de Tauá-CE/Brasil*. Boletim de Geografia, 35, p. 83-98.
- Gomes, R. C.; Bianchi, C.; Oliveira, V. P. V., 2021. *Análise da Multidimensionalidade dos Conceitos de Bacia Hidrográfica*. GEOGRAPHIA (UFF), 25, 1-17.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1959. *Enciclopédia dos Municípios Brasileiros*. v. XVI, Rio de Janeiro, IBGE. p. 269-274.
- Lima, A. G., 2005. *A bacia hidrográfica como recorte de estudos em Geografia Humana*. Geografia (Londrina), 14, 173-183.
- Lima, E. C.; Claudino-Sales, V.; Oliveira, U. C. de., 2021. *Levantamento fisiográfico dos altos cursos das sub-bacias hidrográficas no maciço cristalino Serra da Meruoca, estado do Ceará*. Geografares, 32. 1-15
- Loiola, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P., 2012. *Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro*. Ecologi@ - Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia, v. 4, p. 14-19.
- Lopes, R. N. E. et al., 2020. *Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva espacial e socioambiental*. Economía, Sociedad y Territorio, v. 62, p. 631-653.
- Maia, G. N., 2004. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. 1. ed. São Paulo: DeZ Computação Gráfica e Editora. 423p.
- Morais, R. C. S.; ABREU, L. P., 2021. *Análise espacial da variabilidade de precipitação na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, Nordeste do Brasil*. Revista da Academia de Ciências do Piauí, v. 2, p. 03-18.
- Motta, L. N., 1987. *Histórias de Independência: minha terra e minha gente*. Fortaleza-CE. 57p.
- Oliveira, V. F.; Silva Filho, W. F.; Nogueira Neto, J. A., 2018. *Atividade neotectônica na borda norte da bacia do Araripe-CE: evidências a partir de índices morfométricos*. Geociências (São Paulo. Online), v. 37, n. 3, p. 523-541.
- Oliveira, V.P.V de, 2002. *Prospección, Caracterización y Cartografía Edafopaisajística en una Región Montañosa del*. Tesis de Doutorado. Universidade de Almería- Espanha.
- Silva, T. O. da. et al., 2022. *Caracterização morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio dos Monos-Bahia, Brasil*. Conjecturas, [S. l.], 22, 292–306.
- Pereira, W. F. et al., 2021. *A análise geoambiental da sub-bacia do riacho da Barra afluente do rio Paraíba, Nordeste do Brasil*. Geoambiente Online, Goiânia, 39, 1-24.
- Pinéo, T. R. G. et al., 2020. *Mapa Geológico do Estado do Ceará*. Estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2020, 1:500.000.
- Prado, D. E., 2003. *As Caatingas da América do Sul*. In: LEAL, I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Ed. Universitária da UFPE, PE.
- Queiroz, P. H. B. de et al., 2017. *Parâmetros morfométricos lineares e zonais aplicados a um*

- segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 19, 140-153.
- Righi, E.; Trentin, C. B.; Trentin, A. B., 2021. Análise geomorfológica sistêmica: aplicação em uma bacia hidrográfica. *Revista Geoaraguaia*, 11 34-54.
- Rodrigues, R. de B. et al., 2022. Analysis of the spatial and temporal dynamics of land use and occupancy in the municipality of Condado-PB (1989-2018). *Research, Society and Development, [S. l.]*, 11, 8211326001.
- Santos, H. G. dos et al., 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília- DF: EMBRAPA.
- Santos, R. D. dos et al. (2013). *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 6. ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Santos, L. B. et al., 2020. Fatores que influenciam na modelagem de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13, 3370.
- Silva, I. C.; Furrier, M., 2019. Análise morfológica e morfométrica das sub-bacias dos rios cascata e Tinto, Litoral Norte do Estado da Paraíba – Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 20, 239-254.
- Silva, M.B. da; Maia, R.P., 2017. Caracterização morfoestrutural do alto curso da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará-Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18, 637-655.
- Silva, E.G.B. da; Oliveira, V.P.V. de., 2018. Análise das precipitações pluviométricas como indicativo de áreas susceptíveis à desertificação nos Sertões de Santa Quitéria e Independência, Ceará. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, Fortaleza, 12, 07-17, ago.
- Silva, A. M. C.; Cunha, M. C. C.; Lopes, D. V., 2019. Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. *GEOSUL (UFSC)*, 34, 102-123.
- Souza, M. J. N. de; Santos, J. O.; Oliveira, V. P. V. de, 2012. Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu-Ceará. *Revista Continentes (UFRRJ)*, 119.
- Souza, C. M. P. et al., 2020. Machine learning algorithm in the prediction of geomorphic indices for appraisal the influence of landscape structure on fluvial systems, southeastern - Brazil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21, 366-380.
- Strahler, A. N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *New Halen: Transactions: American Geophysical Union* 38, 913-920.
- Teixeira, T. M. de A.; Oliveira, V. P. V. de; TEIXEIRA, A. C. de O., 2021. Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 1941-1956.
- TORRES, A. T. G.; VIANNA, P. C. G., 2008. Hidroterritórios: a influência dos recursos hídricos nos territórios do semi-árido nordestino. *Terra Livre*, 2, 145-162.
- Vale, J. R. B.; Costa, L. S. da; Silva, M. A. P. da., 2021. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira amazônica. *Geosul*, 36, 537-557.