

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIACHO DA BARRA AFLUENTE DO RIO PARAÍBA NORDESTE DO BRASIL

Wílian Fernandes **Pereira**¹, Thaís Mara Souza **Pereira**², Débora Coelho **Moura**³, José
Antônio Vilar **Pereira**⁴

(1 – Universidade Federal de Campina Grande, professor da rede municipal de Barra de Santa Rosa-PB, wil.geo.ufcg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9704-9542>; 2 – Universidade Federal de Pernambuco, discente do Programa de Pós-graduação em Geografia, thaismara_estrela@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9704-9542>; 3- Universidade Federal de Campina Grande, Docente, Doutora em Biologia Vegetal, debygeo@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2663-2308>; 4 – Universidade Federal da Paraíba, discente do Programa de Pós-graduação em Geografia, joseantoniovilar36@gmail.com

Resumo: Os estudos ambientais são cerne de discussão da ciência contemporânea, com destaque a Geografia visando explicar, como os elementos da paisagem estão relacionados. O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise geoambiental, objetivando caracterizar, mapear e analisar os componentes geoambientais da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil. Para tal foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: Aquisição das imagens e processamento digital das imagens e realização de trabalhos de campo para validação do mapeamento. A sub-bacia do riacho da Barra possui área de 29,5km² e clima tropical quente e seco. A base geológica do Complexo Granitóide-cristalina possui cotas altimétricas, com pouca variação de altitude, com relevos planos e vales em “U” e, sobretudo, a baixa declividade, reforçam a ideia de que a sub-bacia seja pouco propícia a processos erosivos e conseqüentemente impactos nos corpos hídricos. O presente estudo fornece informações sobre a área, bem como um banco de dados dos componentes geoambientais. A existência de Neossolos litólicos, solos pedregosos, típicos de regiões semiáridas, composto por material grosseiro e rasos, facilita o escoamento superficial e dificulta o processo de retenção de água na sub-bacia, e, por conseguinte, a vazão do rio. As altas temperaturas da região também influenciam no balanço hídrico da sub-bacia, visto que grande parte das águas que chegam no seu leito são devolvidas à atmosfera através da evaporação.

Reforça-se, portanto, o papel das geotecnologias nos estudos geoambientais, sobretudo na região semiárida do Brasil, objetivando o ordenamento espacial e gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Hidrografia; Drenagem; Semiárido; Sensoriamento Remoto.

GEO-ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE RIACHO DA BARRA SUB-BASIN, AFLUENTE DO RIO PARAÍBA, NORTHEAST OF BRAZIL

Abstract: Environmental studies are at the heart of the discussion of contemporary science, with emphasis on Geography in order to explain how the elements of the landscape are related. The present study aims to perform a geoenvironmental analysis, aiming to characterize, map and analyze the geoenvironmental components of the Riacho da Barra sub-basin, a tributary of the Paraíba River, Northeast Brazil. To this end, the following methodological procedures were performed: Image acquisition and digital image processing and fieldwork to validate the mapping. The Barra da Barra sub-basin has an area of 29.5 km² and a hot and dry tropical climate. The geological base of the Granitoid-crystalline Complex has elevation levels, with little variation in altitude, with flat reliefs and “U” valleys and, above all, the low slope, reinforce the idea that the sub-basin is not conducive to erosion processes and consequently impacts on water bodies. The present study provides information about the area, as well as a database of geoenvironmental components. The existence of litholic Neosols, stony soils, typical of semi-arid regions, composed of coarse and shallow material, facilitates runoff and hinders the water retention process in the sub-basin, and, therefore, the flow of the river. The high temperatures in the region also influence the water balance of the sub-basin, since most of the water that reaches its bed is returned to the atmosphere through evaporation. Therefore, the role of geotechnologies in geoenvironmental studies is reinforced, especially in the semi-arid region of Brazil, aiming at spatial planning and management of water resources.

Keywords: Hydrography; Drainage; Semiarid; Remote sensing.

ANÁLISIS GEOAMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA RIACHO DA BARRA, AFLUENTE DO RIO PARAÍBA, NORESTE DE BRASIL

Resumen- Los estudios ambientales están en el centro de la discusión de la ciencia contemporánea, con énfasis en la Geografía para explicar cómo se relacionan los elementos del paisaje. El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis geoambiental, con el

objetivo de caracterizar, mapear y analizar los componentes geoambientales de la subcuenca Riacho da Barra, afluente del río Paraíba, noreste de Brasil. Para ello, se realizaron los siguientes procedimientos metodológicos: Adquisición de imágenes y procesamiento de imágenes digitales y trabajo de campo para validar el mapeo. La subcuenca de Barra da Barra tiene una superficie de 29,5 km² y un clima tropical cálido y seco. La base geológica del Complejo Granitoide-Cristalino tiene cotas de elevación, con poca variación de altitud, con relieves planos y valles en “U” y, sobre todo, la baja pendiente, refuerzan la idea de que la subcuenca no es propicia para procesos erosivos. y consecuentemente impactos en los cuerpos de agua. El presente estudio proporciona información sobre el área, así como una base de datos de componentes geoambientales. La existencia de Neosoles litólicos, suelos pedregosos, propios de regiones semiáridas, compuestos de material grueso y poco profundo, facilita la escorrentía y dificulta el proceso de retención de agua en la subcuenca y, por tanto, el caudal del río. Las altas temperaturas de la región también influyen en el balance hídrico de la subcuenca, ya que la mayor parte del agua que llega a su lecho se devuelve a la atmósfera por evaporación. Por lo tanto, se refuerza el papel de las geotecnologías en los estudios geoambientales, especialmente en la región semiárida de Brasil, con el objetivo de la ordenación territorial y la gestión de los recursos hídricos.

Palabras llave: Hidrografía; Drenaje; Semi árido; Detección remota.

Introdução

A Geografia estuda diferentes categorias de análise, destaca-se a Paisagem, como conceito chave utilizado nos estudos ambientais com foco na análise física do espaço, sendo este cerne de discussão da ciência contemporânea. De acordo com Mendonça (2001), a paisagem é abrangente o que se observa no espaço, agrupados por elementos bióticos e abióticos indissociável ao geossistêmico.

A Paisagem é a categoria de análise mais empregada nos estudos de cunho geoambiental. De modo geral, as análises geoambientais, permitem entender as dinâmicas existentes na paisagem e como os componentes e recursos naturais estão distribuídos e se relacionam no meio ambiente. Assim, nesta análise busca-se entender como estão relacionados os aspectos do clima, geologia, solo, relevo, altitude, hidrografia, vegetação e uso do solo (CAVALCANTI, 2013; SIMENSEN et al., 2018).

Alguns estudos geoambientais também são identificados, como análises integradas da Paisagem (RODRIGUEZ & SILVA, 2002) e análises geossitêmicas (CAVALCANTI, 2018). Em ambas análises, objetiva-se o desenvolvimento de futuros projetos de conservação dos recursos naturais e o ordenamento espacial, e utiliza-se das geotecnologias como ferramenta de análise espacial, com destaque para o sensoriamento remoto, ferramenta produtiva na obtenção de imagens da superfície terrestre, através da radiação eletromagnética (SILVA *et al.*, 2005; MENESES; ALMEIDA, 2012).

A aplicação de geotecnologias é ferramenta técnica, prática e eficaz no desenvolvimento de análises geoambientais, visto que, a partir do mapeamento é possível mensurar áreas, delimitar e classificar uso e ocupação dos solos, bem como, dimensionar uma possível supressão de remanescentes vegetacionais em dada paisagem (LIMA *et al.*, 2017). Dessa forma, o uso de geotecnologias contribui para identificar possíveis impactos ambientais provenientes das ações antrópicas, assim como também subsidiar projetos de conservação/preservação dos recursos naturais, com destaque para as bacias hidrográficas. Visto que, o sensoriamento remoto permite entender a topografia de áreas, sendo este aspecto, preponderante para a compreensão da dinâmica hidrológica e geoambiental (PEREIRA *et al.*, 2019).

No Brasil, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de descrever as paisagens, dos mais variados biomas e ecossistemas associados (MAGALHÃES, 2013; KUNZ *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2017). A Região Nordeste do Brasil é composta por pluralidades paisagísticas, tanto em componentes humanos ou naturais e apresenta características climáticas e edáficas heterogêneas (COSTA *et al.*, 2015). Apresenta ainda mosaicos de paisagens que segundo Santos (1997) está sob influência climática, morfológica e fitogeográfica (AB'SÁBER, 2003).

A região Semiárida está inserida em todos os estados do Nordeste e no norte de Minas Gerais, e apresenta particularidade pluviométrica, de modo que, existe uma irregularidade espaço-temporal das chuvas (CAVALCANTI *et al.*, 2020; XAVIER JÚNIOR *et al.*, 2020). Essa realidade contribui para que determinados rios e bacias hidrográficas da Região tenham regime intermitente, isto é, apresentem água em seu curso apenas na estação chuvosa.

Consoante a distribuição pluviométrica irregular e as flutuações cíclicas hídricas do Semiárido nordestino, a Lei Federal nº 9.433/97, institui a bacia hidrográfica como “unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997, BRASIL, 2015).

No contexto nordestino, mais especificamente no estado da Paraíba, destaca-se a Sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba (PERH-PB, 2006). A Bacia do Rio Paraíba, também chamada de Rio Paraíba do Norte é a segunda maior bacia do estado da Paraíba e apresenta cerca de 20.072 km², o que compreende 38% do território estadual e abriga 1.828.178 habitantes, correspondendo 52% da sua população total (XAVIER *et al.*, 2012; ALMEIDA; CURI, 2016; FONSÊCA, 2018).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba possui grande valor econômico para a população do Estado, entretanto os estudos na área ainda são incipientes, sobretudo àqueles voltados para análises geoambientais, que envolve os aspectos bióticos, abióticos e antrópicos de determinada paisagem, em nível de detalhes, no caso de suas sub-bacias. Assim, todos os condicionantes e fatores físicos, como o clima, solo, relevo, vegetação, água e fauna, contribuem para que ocorra algum desequilíbrio na bacia, o que pode causar algum transtorno a saúde da população que necessita dos mananciais nela inseridos (LIMA *et al.*, 2017).

Claudino-Sales et al. (2020) afirmam que os rios, através dos processos fluviais, são importantes elementos modificadores da paisagem, visto que estes agentes são responsáveis pelo transporte de sedimentos da montante para jusante. Portanto, os processos formados pela instabilidade morfodinâmica das encostas, deriva-se destas estarem sobre ação do intemperismo físico, resultante de deslocamentos de blocos com diferentes granulometria e vegetação arbustiva degradadas. Por conseguinte, o arrasto do material intemperizado lateralmente, proporciona ao curso dos rios problemas relacionados ao assoreamento, e possíveis inundações gerada pelas variabilidades climáticas decadais, no contexto do Semiárido (MABESOONE; CASTRO, 1975; AB'SÁBER, 2011, QUEIROZ *et al.*, 2018).

Neste contexto, para avaliar a dinâmica geossistêmica fluvial no Semiárido foi realizado uma análise geoambiental na sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil, a partir do uso das geotecnologias, para direcionar futuros projetos de ordenamento espacial.

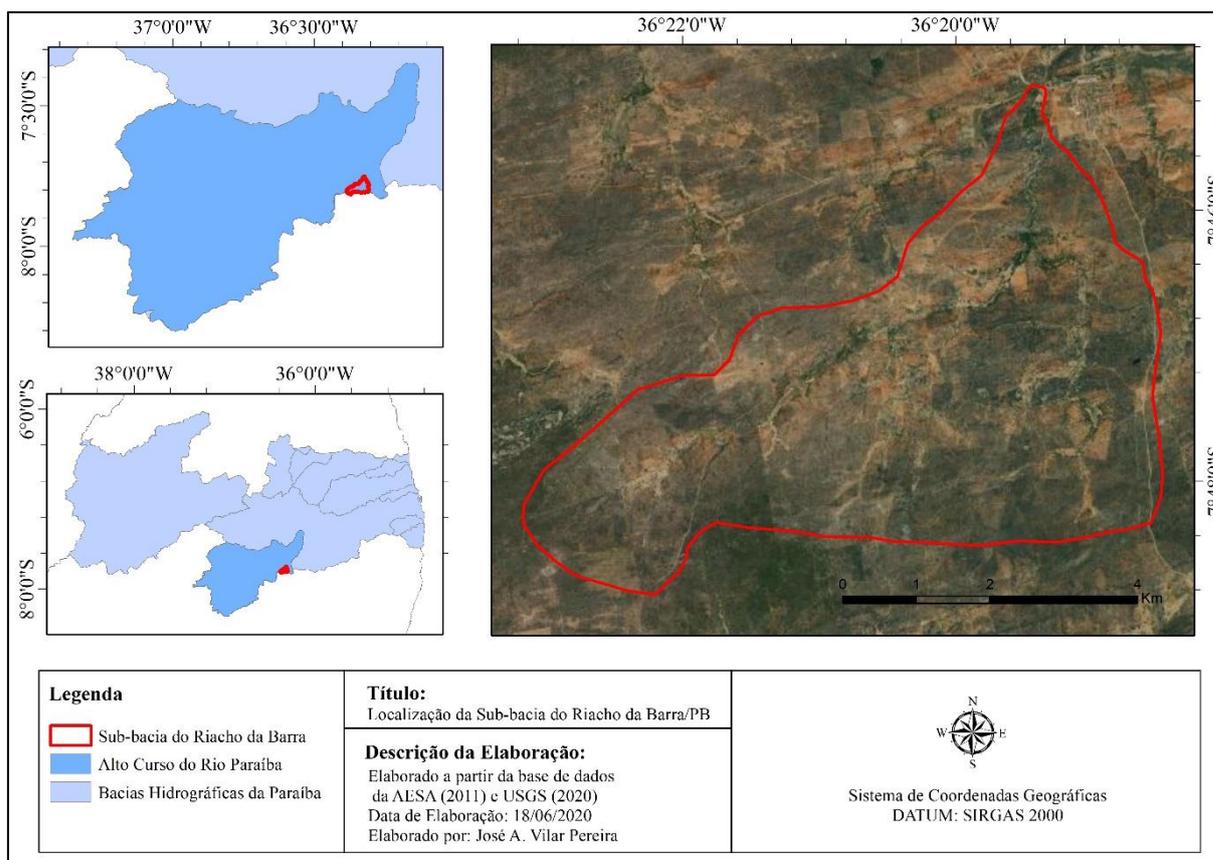
Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende a sub-bacia do Riacho da Barra com área de 29,5km², onde toda extensão territorial está inserida dentro dos domínios municipais de Barra de São Miguel, estado da Paraíba, região nordeste do Brasil (Figura 1).

A sub-bacia do Riacho da Barra faz parte da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba, compreendendo a região do Alto Curso do Rio Paraíba. A área está dentro dos domínios do município Barra de São Miguel, região Intermediária de Campina Grande e encontra-se dentro do Semiárido Brasileiro.

Figura 1 – Localização da Bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba.



Procedimentos metodológicos

Análise geoambiental e mapeamento

Foram realizadas pesquisas documentais, desenvolvidas na região, tais como o relatório desenvolvido pela CPRM (2005) para município de Barra de São Miguel, onde encontra-se toda extensão da sub-bacia. Posteriormente, foram realizadas quatro visitas à campo, duas no período seco (janeiro e fevereiro) e duas no período chuvoso (abril e maio) no ano de 2017. Nestas visitas foram realizadas observações referentes as principais unidades de paisagem e características da paisagem, como fisionomia da vegetação (presença de árvores, arbustos, ervas, lianas), solo (pedregoso, arenoso, argiloso), relevo (áreas de aplainamento, áreas

declives), uso e ocupação do solo (pastoreio, agricultura, turismo), etc, sendo estas observações, posteriormente corroboradas para a análise geossistêmica e confrontadas com dados da literatura (EMBRAPA, 1979; CPRM, 2005; IBGE, 2009; EMBRAPA SOLOS, 2018).

Na busca da identificação dos períodos chuvosos e secos, foram adquiridos os dados de precipitação da área onde a Sub-bacia está inserida, por meio de séries climáticas da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) entre 1976-1990 e de estação pluviométrica do posto de Barra de São Miguel da Agência Executiva de gestão das águas do estado da Paraíba-AESA <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>, entre o período de análise da série histórica de 1991 a 2018.

Processamento digital de imagens-PDI

Aquisição das imagens de Satélite

Foi obtida uma imagem do satélite Landsat 8, capturadas pelo sensor Operational Land Imager (OLI) para o período seco (15 de fevereiro de 2017), e uma imagem do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 30m (11 de janeiro de 2017) disponibilizadas gratuitamente no site Earth Explorer do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS).

Processamento Digital das Imagens

Para a realização do Processamento Digital das Imagens-PDI foi utilizado o software Erdas Imagine 2010 e na elaboração dos mapas temáticos utilizou-se o software ArcGIS 10, ambos licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Para os demais procedimentos foi utilizado o aplicativo Google Earth.

2.1 Empilhamento e Reprojecção das Imagens

O procedimento consistiu no agrupamento das bandas que foram utilizadas em um único arquivo, nesse caso, as bandas correspondentes ao infravermelho (banda 4) e ao vermelho (banda 5) do satélite Landsat 8

O sistema padrão de referência das imagens Landsat obtidas através da USGS está orientado para o Hemisfério Norte em DATUM World Geodetic System (WGS) 1984 UTM Zona Norte, sendo necessário, portanto fazer a reprojeção dessas cenas para o Hemisfério Sul, ou seja, DATUM WGS 1984 UTM Zona Sul. Essa etapa foi executada no Erdas.

2.2 Cômputo da Reflectância

Segundo Araújo (2015) para o cálculo da reflectância do Landsat 8 é necessária a utilização dos elementos fornecidos no arquivo metadados (MTL), disponível na imagem. A reflectância é obtida através da equação (1) disponibilizada pela USGS (2015):

$$\rho\lambda' = \frac{(M\rho \times Q_{cal} + A\rho)}{\cos Z} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: $\rho\lambda'$ é igual a reflectância planetária, sem correção para o ângulo solar; $M\rho$ é o fator multiplicativo (disponível no arquivo metadados); $A\rho$ é o fator aditivo (disponível no arquivo metadados) e Q_{cal} corresponde aos valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

IVAS (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo)

Foi proposto por Huete (1988), com o intuito de diminuir a influência da resposta espectral do solo mediante a inclusão de um fator de ajuste (L), que é variável com o grau de recobrimento do dossel das plantas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Conforme os autores, o fator de ajuste do IVAS foi obtido de forma que o índice resultante tivesse o mesmo valor para vegetação, independente se o solo fosse claro ou escuro. Esse pode variar no valor do L onde 0 é para coberturas vegetais mais densas a 1 para vegetação menos densa, e o valor padrão utilizado para a maioria das aplicações é 0,5 o que corresponde a uma densidade vegetal intermediária. O IVAS é calculado através da equação (2) proposta por Huete (1988):

$$IVAS = \frac{(1+L) \times \rho_{iv} - \rho_v}{L + \rho_{iv} + \rho_v} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: L é um fator de função da densidade da vegetação e sua determinação requer um conhecimento *a priori* da quantidade de vegetação; ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho.

Classificação da imagem

Após o cálculo do índice de vegetação, realizou-se a classificação não supervisionada da imagem gerada. Optou-se pelo uso dessa classificação devido a melhor diferenciação dos alvos no mapeamento. Dessa forma, foi possível identificar as seguintes classes de uso e cobertura do solo: Água; Solo exposto e Área urbana; Vegetação Herbácea; Vegetação Arbustiva e Vegetação Arbórea.

Delimitação da Bacia de Drenagem- Imagens SRTM

Para a delimitação da bacia do Riacho da Barra foi necessária a realização da caracterização física da área de estudo por meio do cálculo da hipsometria, declividade e a extração da rede de drenagem da área. Todos os procedimentos dessa etapa foram executados a partir do *software* Arcgis.

Hipsometria

Elaborada através da opção *Classified*, a qual permite inserir valores de equidistância entre as cotas altimétricas, que foram divididas em cinco classes com valores que variaram de 484 a 589 metros de altitude.

Declividade

A declividade da sub-bacia foi gerada a partir da ferramenta *Spacial Analyst Tools*, onde a delimitação das classes foi definida em valores variados de porcentagem que variaram entre 0 a 32,12%, todo o procedimento realizado no software ArcGIS.

Rede de Drenagem e Bacia de Drenagem do Açude

A extração da rede de drenagem foi realizada no ArcGIS 10, por meio da ferramenta *Spacial Analyst Tools*, através da opção *Hydrology*. Depois da elaboração dos mapas hipsométrico, de declividade e da rede de drenagem com o auxílio da ferramenta “Adicionar Polígono”, do aplicativo *Google Earth*, foi delimitando a área correspondente a bacia, no

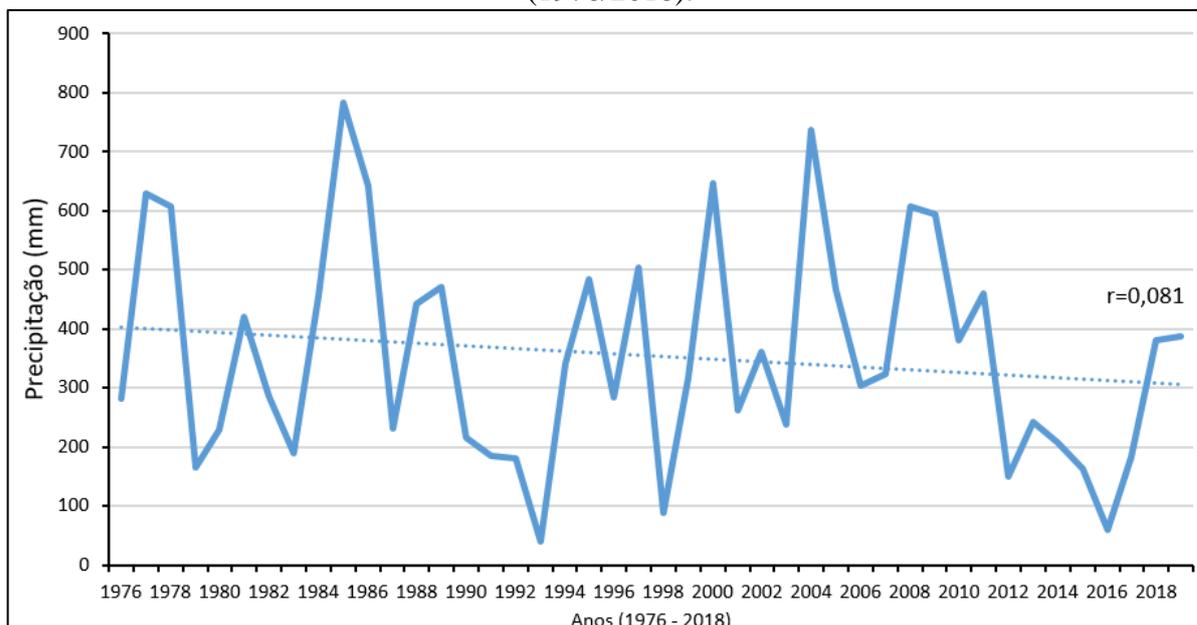
formato *Kml*. Essa delimitação foi realizada acompanhando-se os cursos d'água principais e os divisores de água da bacia, representados pelas maiores cotas hipsométricas. O arquivo *Kml* da delimitação da bacia foi transformado em *Shapefile* no ArcGIS 10

Resultados e discussão

A sub-bacia do Riacho da Barra apresenta Clima Tropical Quente e Seco, do tipo Semiárido (BS) (KOPPEN, 1948). As médias anuais de temperatura são de 27° C e amplitude térmicas diárias de 9° C. Em decorrência da variabilidade climática, a periodicidade pluviométrica é irregular. A estação chuvosa se estende de fevereiro a abril e suas médias anuais pluviométricas são de 440 mm/ano (VIRIATO, 2011; FRANCISCO *et al*, 2015; AESA, 2018).

De acordo com os dados da Aesa (2018) foram constados alguns dados pluviométricos para a área (Figura 2).

Figura 2 - Dados Pluviométricos da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba (1976/2018).



Fonte: AESA, 2018

Assim, evidenciou-se a pluviosidade de 1976 a 2018 e nessa análise temporal percebe-se que os anos mais chuvosos foram 1985 e 2004 (Figura 2). Os anos menos chuvosos foram 1993 e 2016. Segundo Pereira (2015) existem variabilidades em alguns municípios, a exemplo do município de Areia, também no estado da Paraíba que está entre 800 mm a 1600 mm ano, isto por que Areia se encontra a aproximadamente 700 metros de altitude.

Os extremos pluviométricos da sub-bacia podem ser explicados pelos efeitos de La Niña, quando ocorre o resfriamento das águas do Oceano Pacífico (MOLION & BERNADO, 2002). Assim, percebe-se uma irregularidade pluviométrica do referido município, sobretudo em virtude da influência do El Niño. A variabilidade espaço-temporal das precipitações está relacionada aos sistemas meteorológicos, que atuam no Nordeste do Brasil-NEB, com destaque para os mecanismos de macroescala que atuam diretamente na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (MOLION & BERNADO, 2002)

A variabilidade no regime de chuvas da área contribui para que a sub-bacia tenha um balanço hídrico negativo, visto que, boa parte da carga de chuva que a bacia não é acumulada na calha da bacia, uma parte é liberada para a atmosfera através da evaporação, outra é retida pelo solo, e o restante ainda é liberada a partir do escoamento superficial.

Entender o clima é importante para poder relacionar os aspectos existentes na dinâmica da paisagem, porém é importante entender também outros aspectos, entre eles, a geologia da área. Assim, a base geológica da sub-bacia é composta por rochas ortognaisses tonalíticos e graníticos, com presença de xisto, gnaisse, quartzito e metacarbonato, incorporado no Complexo Granitoide do Embasamento Cristalino (Figura 3) (MARQUES *et al.*, 2017).

Figura 3 - Panorama de trecho do leito da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba.



Fonte: Banco de dados dos autores

A geologia da área que compreende o Complexo Cristalino granitoide, formada por rochas ígneas e metamórficas, é comum em bacias hidrográficas do Nordeste brasileiro, a exemplo da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, estado do Ceará, onde esse tipo de litologia corresponde a 90% de toda extensão da bacia (CLAUDINO-SALES *et al.*, 2020). A composição litológica da sub-bacia composta por rochas magmáticas e de maior resistência à ações intempéricas, contribui para uma maior impermeabilidade do leito fluvial, favorecendo para que o sistema de drenagem seja pouco integrado com materiais das zonas adjacentes.

No que se refere aos aspectos pedológicos, os solos da área são predominantes os Planossolos, os quais apresentam textura arenosa, cores claras, pouco permeável, responsável pela formação do lençol freático suspenso e tem fertilidade natural média, além de proporcionar problemas de cristalização de sais (CPRM, 2005). Há ocorrência dos Neossolos Litólicos e estes são predominantes na região Semiárida do Brasil e têm como características serem raso, com presença de rocha quase exposta, típico de afloramento rochoso, bastante ricos em sais minerais e pobre em matéria orgânica. Ainda existem áreas de Vertissolos com predomínio de cascalho (LIMA, 1978; BRASIL, 2005; EMBRAPA, 2018).

No que concerne a hidrografia, a sub-bacia do Riacho da Barra tem área de 29,5 km², apresentando pouca variação de altitude, onde as menores cotas variam de 484m a 511m, situadas principalmente na porção norte (Figura 4).

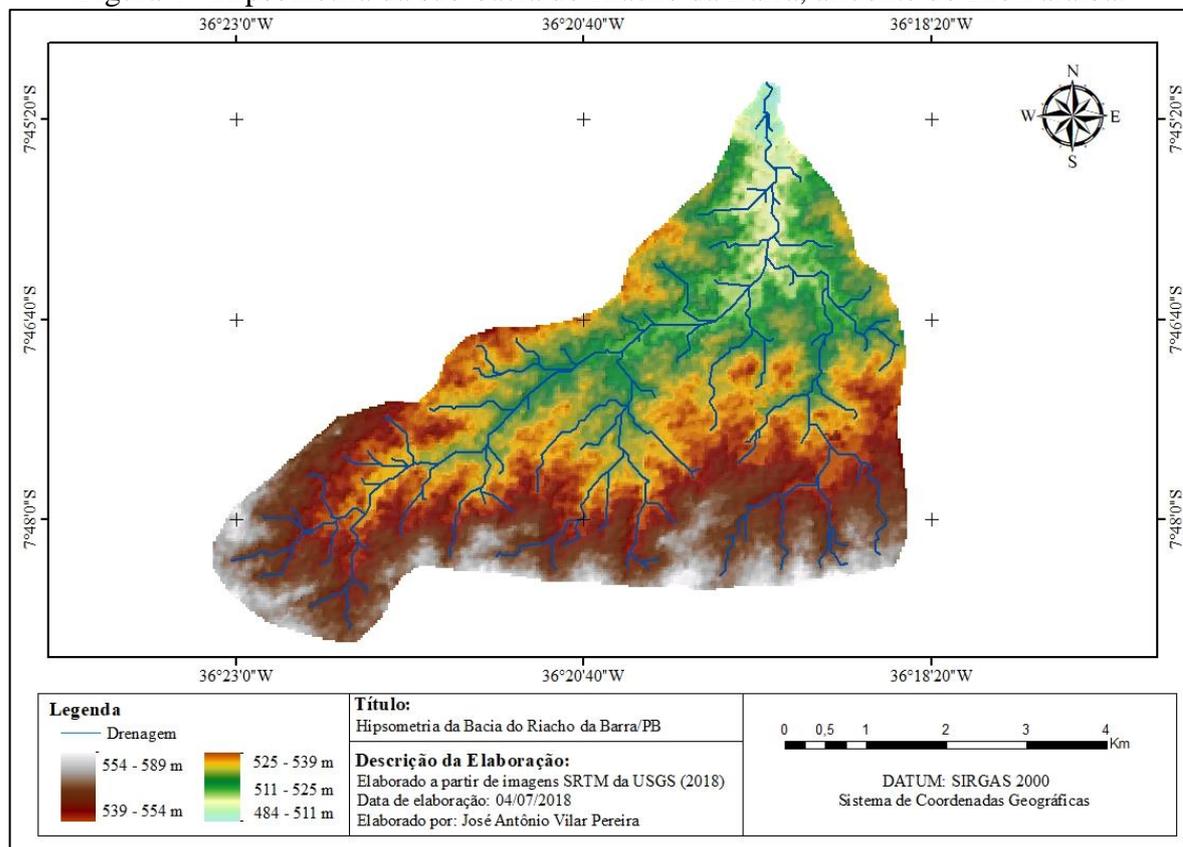
As áreas com maior altitude foram identificadas na porção sul e sudoeste da bacia, com cotas altimétricas que variaram entre 554m a 589m, é nestas áreas onde são encontradas as nascentes da sub-bacia. Na porção central da sub-bacia estão os principais canais de drenagem estão situadas as cotas entre 525m e 539m.

A maior parte da área encontra-se situada na Formação “Cariris Velhos”, com altitude variando entre 450 e 589 metros e isso é corroborado nos estudos de Ab’ Saber (1969) e Marques *et al.* (2017), quando descreve as superfícies suaves onduladas a quase planas, com menor grau de declividade.

Silva *et al.* (2010) ao caracterizar a geomorfometria e os conflitos de uso na bacia de drenagem do Açude Soledade, considerou a importância da altimetria em análises de clima e de superfícies de acumulação e erosão. Entretanto, aliado aos aspectos altimétricas, é necessário considerar a declividade das áreas, para entender distribuição das inclinações das superfícies do relevo, que segundo Mendonça (1999) é primordial para análises de uso e ocupação da

superfície, bem como para o fluxo torrencial de superfície e os futuros processos erosivos e arrastamento de material para os canais de drenagem.

Figura 4 - Hipsometria da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba.



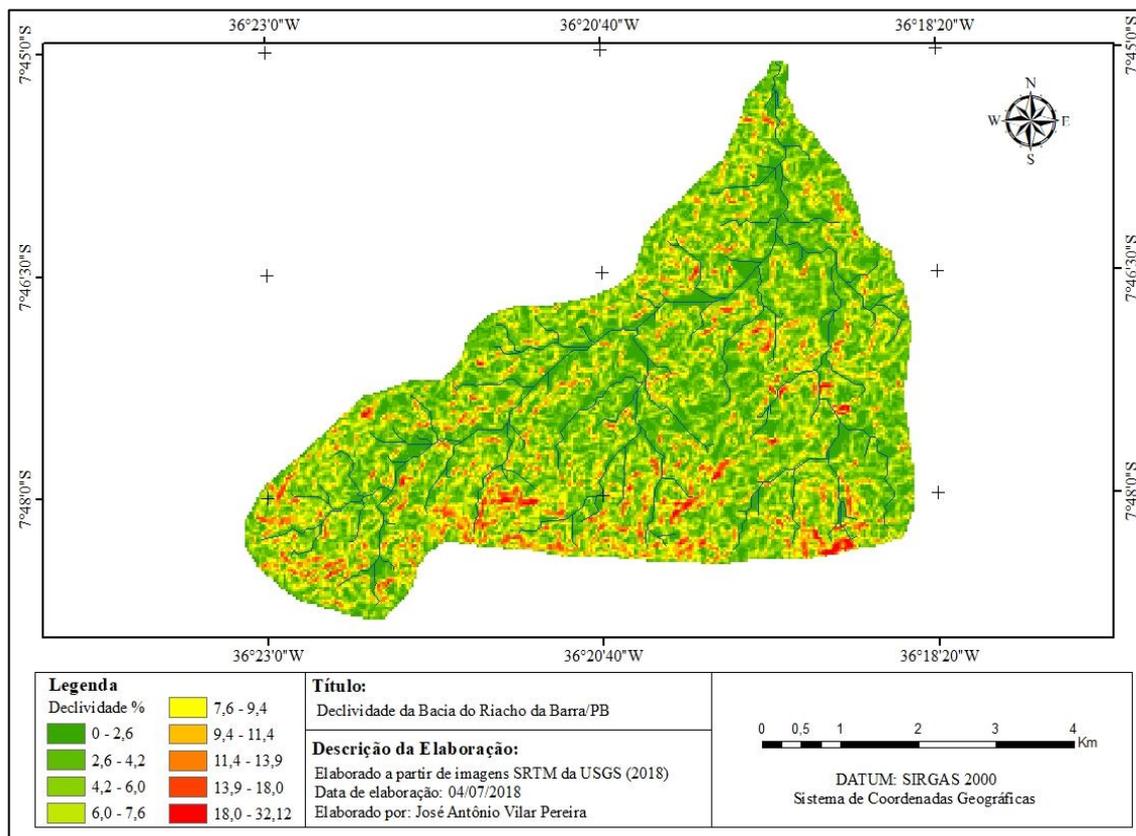
Foram encontrados valores percentuais de declividade que variaram entre 0% a 32,12% (Figura 5).

Verificou-se que as áreas com declividade entre 2,6% a 7,6% são as de maior representatividade na sub-bacia e uma larga superfície com relevo plano e vales em “U” abertos, localizadas principalmente próximas a cursos de água. Assim, nas áreas com maior declividade (18% a 32,12%) estão situadas as áreas de maior altitude do relevo (554m a 589m) que corresponde aos divisores de água da bacia.

A existência de um alto grau de declividade aliado a altitudes superiores a 550 m, contribui para que na área exista um alto grau de escoamento, bem como interferirá no processo de infiltração e transporte de sedimentos. Entretanto, na sub-bacia existe poucas áreas com alto grau de declividade, dessa forma, a velocidade da água e sedimentos é reduzida e aumenta a capacidade de infiltração. Magesh et al (2013) afirmam que é necessário entender a declividade

das bacias hidrográficas, buscando o cumprimento da legislação ambiental, o que auxilia no manejo e gestão dos recursos hídricos.

Figura 5 - Declividade da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba.



No tocante aos aspectos geomorfológicos, a sub-bacia do Riacho da Barra está inserida na Unidade Geoambiental do Planalto da Borborema, apresentando altitude média de 398 altitude (MARQUES *et al.*, 2017). No geral, a caracterização morfológica da Sub-bacia é apresentada por uma superfície com relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas (CPRM, 2005). Xavier et al. (2014) ao analisarem a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba constataram que esta apresenta relevância na geomorfologia regional, pois reúne conjuntos de níveis altimétricos, originados de antigas superfícies de erosão.

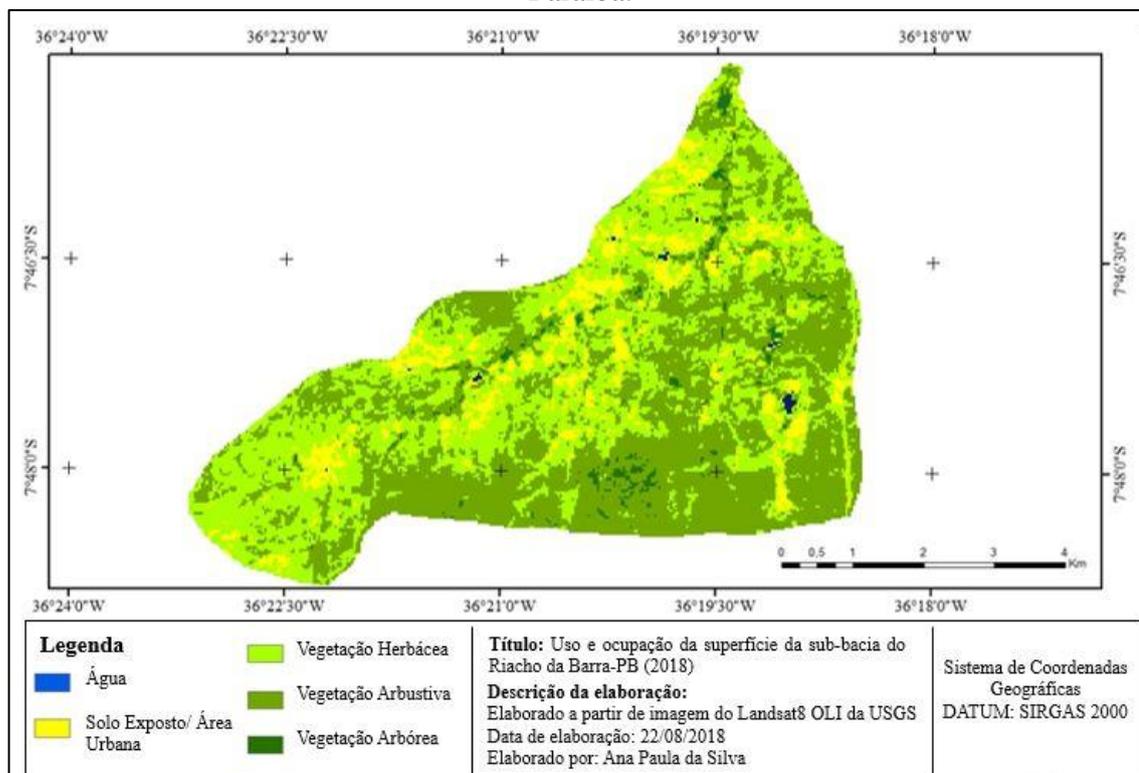
A sub-bacia do Riacho da Barra faz parte dos domínios da Bacia do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba, tem como regime de escoamento rios intermitentes de padrão dendrítico, com escoamento exorréico. De acordo com Christofolletti (1981), a drenagem dentrítica também é conhecida como arborescente, em função da configuração irregular e semelhança com uma

árvore, onde o rio principal é o tronco e os afluentes são os galhos. Esse padrão de drenagem está associado a rochas cristalinas homogêneas, com resistência uniforme, como as rochas que compreendem Complexo Granitoide do Embasamento Cristalino (SUMMERFIELD, 1991).

Estes são caracterizados pela proporção de água no período chuvoso e na estiagem o nível é reduzido até secar, porém ainda têm um lençol subterrâneo (CPRM, 2005; VIRIATO, 2011).

No que concerne os aspectos vegetacionais, a sub-bacia do Riacho da Barra compreende o Bioma das Florestas Secas, formada pelo domínio morfoclimático da Caatinga, com fitofisionomias arbórea-arbustivas (CPRM, 2005). Assim, a partir do mapeamento da sub-bacia para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) foi possível identificar cinco classes para a cobertura da superfície, onde três destas estão associadas a áreas de vegetação (Figura 6).

Figura 6- Uso e Ocupação da Superfície da sub-bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba.



A classe Vegetação Herbácea foi a que ocupou maior área, com 13,05 km² (44,22%), seguida pela Vegetação Arbustiva que ocupou uma área de 12,61 km² (42,73%) e a classe Arbórea com 0,38 km² (1,3%). Quando se trata do bioma Caatinga, frequentemente, os estudos

envolvem a comunidade arbustivo-arbórea, de modo que os estudos acerca da comunidade herbácea ainda são incipientes (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

As demais classes foram definidas como Solo Exposto/Área Urbana e Água ocuparam 3,4 km² (11,52%) e 0,07km² (0,23%), respectivamente. A classe denominada de Solo exposto foi identificada, em campo, como áreas destinada à pastagens, e sobretudo à agropecuária extensiva.

Lima *et al* (2017), ao analisarem a Bacia hidrográfica do Rio Taperóa, estado da Paraíba, evidenciaram as classes solo exposto e agropecuária, como sendo a classe que ocuparam maior área, seguidas pela classe Caatinga herbácea. Claudino-Sales *et al* (2020) constataram práticas de agricultura extensiva, como também agricultura de subsistência ao longo do canal do Rio Acaraú, Ceará. Outros problemas foram identificados pelos autores, como a canalização do rio em áreas urbanas, a extração vegetal em áreas de várzea, aumento do setor agroindustrial, especulação imobiliária no baixo curso do rio, entre outros.

Em muitos trechos da Sub-bacia do Riacho da Barra foi identificada a espécie Fabaceae-*Prosopis juliflora* (Figura 7).

Figura 7. Mata ciliar composta por vegetação arbórea-arbustiva, com espécies como a *Prosopis juliflora* ao longo do trecho da mata ciliar da Sub bacia do Riacho da Barra, afluente do Rio Paraíba



Fonte: Banco de dado dos autores

Prosopis juliflora é considerada uma espécie introduzida no Brasil, sendo considerada exótica invasora, pois é de fácil adaptação, resistente à grandes períodos de estiagem. Por sua simples adaptação, *P. juliflora* forma densos conjuntos populacionais dessa espécie, competindo com as espécies nativas existentes na região, o que afeta a composição florística nativa dos ecossistemas (PEGADO et al., 2006) A relevante existência de muitos indivíduos dessa espécie, ao longo do trecho da mata ciliar, reforça a tese de que a área possa estar em estágio de sucessão vegetacional, ou seja, passou por processos de degradação (pastoreio, desmatamento ou incêndio) e está em processo de regeneração biológica.

De modo geral, as espécies vegetais existentes na área da sub-bacia contemplam aspectos fitogeográficos do bioma Caatinga e de áreas de matas úmidas da Floresta Estacional. Esse tipo de vegetação tende a florescer no período chuvoso e se estende até mês de junho, após esse período é comum perderem as folhas e flores, como adaptação as características edafoclimáticas (VELLOSO *et al.*, 2002; SOUZA; MEDEIROS, 2013; VIEIRA JUNIOR, 2014; MORO *et al.*, 2015).

Assim, do ponto de vista geoambiental, é necessário a realização de levantamentos florísticos nas áreas da referida sub-bacia, sobretudo para entender, mais precisamente, a composição florística da área. Buscando, portanto, perpetrar estratégias conservacionistas para subsidiar projetos de conservação e recuperação desta fisionomia.

Conclusões

- A partir das observações realizadas em campo foi possível corroborar os dados da literatura, concluindo que os condicionantes ambientais, especialmente o Clima Tropical quente e seco, a base geológica que compreende o Complexo Granitoide do Embasamento Cristalino, as cotas altimétricas com pouca variação de altitude, relevos planos e vales em “U”, bem como os solos da área e, sobretudo, a baixa declividade, reforçam a ideia de que a sub-bacia seja pouco propícia a processos erosivos, impactos nos corpos hídricos, bem como na área existe fluxo médio de sedimentos e baixa concentração do escoamento superficial. Isso porque a sub-bacia possui predomínio de regime intermitente, com alguns trechos molhados e outros secos. Ressalva-se que fluxos fluviais ocorrem em uma pequena temporalidade anual, porém com relativa intensidade, com presença de chuvas torrenciais.

- O presente estudo fornece informações sobre a área, bem como um banco de dados dos componentes geoambientais na busca da execução de projetos de preservação e conservação de área da sub-bacia. Conforme a declividade e altimetria, a área apresenta relevo plano com pouca presença de processos erosivos. A existência de intensas práticas agrícolas aumenta a degradação do solo, sobretudo por o mesmo não passar por períodos de pousio, bem como, práticas de manejo de solo.
- O solo da área é o Neossolo litólico, solos pedregosos, típicos de regiões semiáridas, composto por material grosseiro -cascalhos, fragmentos de rochas, seixos-, são solos bastantes rasos, o que facilita o escoamento superficial e dificulta o processo de retenção de água na sub-bacia, e, por conseguinte, a vazão do rio, seja nos períodos de seca ou de chuva. As altas temperaturas da região também influenciam no balanço hídrico da sub-bacia, visto que grande parte das águas que chegam no leito da sub-bacia são devolvidas à atmosfera através da evaporação.
- Reforça-se, portanto, a eficácia das geotecnologias utilizar para a análise de estudos geoambientais, sobretudo na região semiárida do Brasil, objetivando o ordenamento espacial e planejamento e gestão dos recursos hídricos.
- Recomenda-se a realização de mais estudos na área, sobretudo aqueles voltados a composição florística, reflorestamentos, química dos solos, análise físico-química da água para posterior elaboração de um plano de manejo da mata ciliar da referida sub-bacia.

Referências

- AB' SABER, A.N. (1969) Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. *IGEOG-USP*, São Paulo, n.19, p. 38.
- AB'SABER, A. N. (2011) *Megageomorfologia do território brasileiro*. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). Geomorfologia do Brasil. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.71-106.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. (2003) *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- AESA. Meteorologia AESA. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/> >. Acesso em: 20 jun. 2018.

ALLEN, R.G.; TREZZA, R; & TASUMI, M. (2002) *Surface energy balance algorithms for land*. 1ª ed. Advance training and users manual.

ALMEIDA, M. A.; & CURI, W. F. (2016) Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. *Rev. Ambient. Água* vol. 11 n. 4, Taubaté.

ARAÚJO, E.D.S. (2015) *Sensoriamento Remoto Na Análise Das Mudanças Ambientais na Cidade de Campina Grande-PB*. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande.

BARRA DE SÃO MIGUEL – PB. (1990) *Lei Orgânica Municipal. Câmara Municipal de Vereadores*.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. *Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Legislação ambiental básica*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – UNESCO, 2005.

CAVALCANTI, J. E.; MOURA, D. C, WANDERLEY, L. S. A; & NÓBREGA, R. S. (2020) Análise dos extremos climáticos no município de Santa Cruz do Capibaribe-PE. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 16 – Vol. 27.

CAVALCANTI, L. C. S. D (2013) a descrição de áreas à teoria dos geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas. Tese de Doutorado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

CAVALCANTI, L.C.S. (2018) *Cartografia de Paisagens: fundamentos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2ª edição, 96p.

CHANDER, G.; & MARKHAM, B. (2003) Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures ans Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 41, n. 11, p. 34-46.

CLAUDINO-SALES, V; LIMA, E. C.; DINIZ, S. F, CARACRISTI, I; & BRITO, J.F.R. (2020) An environmental analysis of the acaraú river basin, Brazilian northeastern region. *Int J Hydro*, v. 4, n. 3, p. 117–123. <https://10.15406/ijh.2020.04.00235>

COSTA, J. T. F.; SILVA, L. S. ALVES, A. R.; HOLANDA, A.C. ; LEITE, E. M.; & NUNES, A. K. A. (2015) Avaliação da serapilheira em área de ciliar na bacia do rio Gurgueia sul do Piauí. Pombal: *Revista Verde*. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3201>

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. (2005) *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Barra de São Miguel, estado da Paraíba*. Recife: CPRM/PRODEEM.

CRHISTOFOLETTI, A. (1981) *Geomorfologia Fluvial*. Volume I – O canal fluvial. São Paulo, Edgar Blücher.

EMPRAPA SOLOS - *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html >. Acesso: 20 de fevereiro de 2019.

FONSÊCA, D. N. (2018) *Evolução geomorfológica e sedimentação quaternária no setor oriental do Piemonte da Borborema*. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FRANCISCO, P. R. M., MEDEIROS, R. M., SANTOS, D; & MATOS, R. M. (2015) Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V. 08, N. 04, p. 1006-1016. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.4.p1006-1016>

HIDALGO, P. (1992) *Diagnóstico socioeconômico*. João Pessoa: PRM/METROPLAN/AGP-RS. 98p. Curso sobre Manejo Conservacionista de Bacias Hidrográficas.

HUETE, A. R.; (1998) *Adjusting vegetation indices for soil influences*. International Agrophysics.

KUNZ, S. H; MOREAU, J; SPADETO, C.; MARTINS, S. V; STEFANELLO, D; & IVANAUSKAS, N. M. (2014) Estrutura da Comunidade Arbórea de Trecho de Floresta Estacional Sempre-Verde e Similaridade Florística na Região Nordeste do Mato Grosso, Brasil. Rio de Janeiro, *Revista Floram*. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029313>

LIMA, F. N. (2015) *Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga*. Recife: Fundação Joaquin Nabuco.

LIMA, F.A.M.; (1978) *Caracterização dos padrões fotográficos do solo bruno não cálcio do Estado do Ceará* 1 – características fisiográficas morfológicas. Fortaleza: UFC – CNPQ.

LIMA, F. N; SILVA, B; & DUARTE, S. M. A. (2017) Caracterização ambiental da sub-bacia do rio Taperoá – Paraíba. v.13. n.2 (mai/agos). Guarapuava: *Ambiência*. <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.02>

MABESOONE, J. M.; & CASTRO, C. (1975) Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. Boletim do Núcleo Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia, Recife, v.3, p.5-35.

MAGALHÃES, S.E.F. (2013) *Análise espaço-temporal da cobertura de mata ciliar para a gestão ambiental do rio Capibaribe – PE*. Recife: Tese de dissertação de mestrado, UFPE.

MAGESH, N.S., JITHESHLAL, K.V., CHANDRASEKAR, N. *et al*; (2013) Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. *Appl Water Sci* **3**, 467–477. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0095-0>

MARQUES, A. L, SILVA, J. B, MOURA, D. C, & SILVA, D.G. (2017) Caracterização Morfoestrutural e Morfoescultural do Cariri Paraibano. *Acta Geográfica*, Boa Vista, v.11, n.27, set./dez. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v11i27.3305>

MENDONÇA, F. (2001) *Geografia Física: ciência humana?* 7ª ed.- São Paulo: Contexto.

MENDONÇA, F. (1999) Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. *Revista Raega*. Curitiba, v.3, n.3; p.67-89. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v3i0.18225>

MENESES, P. R.; & ALMEIDA, T. (2012) *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. 1. ed. Brasília: CNPq.

MOLION, L. C. B.; & BERNADO, S. O. (2002) Uma revisão dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n.1, p.1-10.

MORO, M. F., MACEDO, M. B., MOURA-FÉ, M. M., CASTRO, A. S. F, & COSTA, R.C. (2015) Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. *Rodriguésia*, n. 66, v. 3, p. 717-743. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>.

NARDINI, R.C. (2009) *Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão Água – fria, bofete (SP), visando a*

conservação dos recursos hídricos. Dissertação (Mestrado). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas.

OLIVEIRA, E. V. S; PRATA, A. P. N; & PINTO, A. S. (2018) *Caracterização e atributos da vegetação herbácea em um fragmento de Caatinga no Estado de Sergipe, Brasil*. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe.

OLIVEIRA, T. H; MACHADO, C. C. C; SILVA, J. S; GALVÍNCIO, J. D; PIMENTEL, R. M. M; & SILVA, B. B. (2010) Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p. 55-69.

PEGADO, C. M. A; ANDRADE, L. A; FELIX, L. P; & PEREIRA, I. M. (2006) Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Acta bot. bras.*, v. 20, n. 4, p. 887-898. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000400013>.

PEREIRA, A. R; COSTA, A. S; OLIVEIRA, V. G; BORGES, P. F.; & ISMAEL FILHO, A. (2015) Análise do comportamento das médias anuais da precipitação pluvial e temperatura da cidade de Areia, Paraíba. João Pessoa: UFPB – *Revista Gaia Scienta* (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA).

PEREIRA, T. M. S; MOURA, D. C; MELO, J. I. M; & SILVA, J. L. M. (2019) Riqueza e Diversidade Florística em Afloramentos Rochosos no Município de Esperança-Paraíba. *Acta Geográfica*, Boa Vista, v.13, n.31, p. 90-103.

PERH-PB. *Plano estadual de recursos hídricos: Resumo executivo e atlas*. Governo Estadual da Paraíba: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA – Brasília, DF: Consórcio TC/ BR – Concremat, 2006.

PONZONI, F. J; & SHIMABUKURO, Y. E. (2007) *Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação*. 1. ed. São José dos Campos.

QUEIROZ, P; PINHEIRO, L; CAVALCANTE, A; & TRINDADE, J. (2018). Formação e evolução morfológica de barras e ilhas em rios semiáridos: o contexto do baixo curso do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. *GOT, Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, (13), 363-388. <https://dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.016>

RODRIGUEZ, J. M. M; & SILVA, E.V.A (2002) Classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 01, número 01.

SANTOS, M. (1997) *Espaço e método*. São Paulo: Nobel.

SILVA, B. B. LOPES, G.M., & AZEVEDO, P. V. (2005) Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat5-TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 243-252.

SILVA, S; LIMA, E. R. V; ALMEIDA, H. A.; COSTA FILHO, J. F. (2010) Caracterização Geomorfométrica e Mapeamento dos Conflitos de Uso na Bacia de Drenagem do Açude Soledade. *Revista Brasileira de Geografia Física*, N. 3, P. 112-122.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v3.2.p112-122>

SILVEIRA, E. L. D. (2009) *Paisagem: um conceito chave em Geografia*. In: EGAL- 12º Encontro de Geógrafo da América Latina, Montevideo. EGAL.

SIMENSEN, T.; HALVORSENA, R.; & ERIKSTA, L. (2018) Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. *Land Use Policy*, v. 75. p. 557–569.

SOUZA, G.F; & MEDEIROS, J. F. (2013) Fitossociologia e florística em áreas de caatinga na microbacia hidrográfica do riacho Cajazeiras-RN. *Revista GeoTemas*. v.3, n.1. Pau dos Ferros-RN. <https://doi.org/10.33237/geotemas.v3i1.587>

SUMMERFIELD, M. A. (1991) Global Geomorphology: na introducion of the study of landforms. Essex, *Longman Scientific & Technical*: 129-144, 163-203, 371-395, 457-478.

VELLOSO, A. L; SAMPAIO, E. V. S. B; & PAREYN, F. G. C. (2002) (Eds.). *Ecorregiões, propostas para o bioma Caatinga*. Associação Plantas do Nordeste. Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, Recife.

VIEIRA JUNIOR, R. L. (2014) *Caracterização do componente arbustivo-arbóreo em um fragmento de Caatinga no município de Caicó – RN*. (Dissertação de Mestrado). Patos.

VIRIATO, C. L. (2011) *Caracterização físico-química e bacteriológica da água armazenada em cisternas no semiárido paraibano*. Campina Grande: Curso de Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido – UEPB.

XAVIER JÚNIOR, S. F. A.; JALE, J. S; STOSIC, T; SANTOS, C. A. C; & SINGH, V. P. (2020) Precipitation Trends Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of Paraíba, Brazil.

Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. 2, 187-196, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351013>

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J. S.; & BÚ, J. C. (2012) Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba – PB. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, n. 2, p. 15-288.

XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; DAMASCENO, J.; & DORNELLAS, P. C. (2014) Mapeamento de unidades geomorfológicas na bacia do rio Taperoá, região semiárida da Paraíba, utilizando modelo digital de elevação (MDE) Topodata. *Revista Geonordeste*, Edição Especial 4, v. 10, n. 1, p. 197-202.