



CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME/PB

Morphometric characterization and space-temporal analysis of the use and occupation of the surface of the rio Gramame/PB hydrographic basin

Caracterización morfolométrica y análisis espacio-temporal del uso y ocupación del suelo de la cuenca hidrográfica del río Gramame/PB

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1038>

José Antônio Vilar Pereira¹

Janaina Barbosa da Silva²

Simone Mirtes Duarte³

Histórico do Artigo:

Recebido em 07 de agosto de 2024

Aceito em 29 de abril de 2025

Publicado em 07 de maio de 2025

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Gramame enfrenta um avançado processo de degradação provocada pelo uso intensivo dos seus recursos naturais, o que vem comprometendo a disponibilidade de água para o abastecimento da região. Nesse contexto, esse estudo objetivou caracterizar morfometricamente a Bacia Hidrográfica do Rio Gramame e analisar espaço-temporalmente o seu uso e ocupação do solo. Para tanto, realizou-se a caracterização do relevo através de imagens SRTM, o que deu subsídios para obtenção dos parâmetros morfométricos; e a análise da dinâmica histórica do uso e ocupação do solo através de imagens do satélite Landsat 5 e 8 dos sensores TM e OLI respectivamente. Identificou-se que a bacia hidrográfica tem relevo predominantemente plano, o padrão de drenagem é do tipo dendrítica ou arborescente, classificada de acordo com a hierarquização de canais como de 5ª ordem. De acordo com os parâmetros morfométricos, a bacia é classificada como alongada, o que impede grandes concentrações de deflúvio, portanto, a área de estudo é pouco propensa a inundações e enchentes. A partir da análise da vegetação foi identificado que mais de 80% das paisagens da bacia hidrográfica já passaram por algum grau de modificação causado por atividades antrópicas, representadas principalmente pela agricultura, pecuária e a expansão urbana.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Degradação; Morfometria; Sensoriamento Remoto.

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Email: joseantoniovilar36@gmail.com.

 <https://orcid.org/0000-0002-6033-5596>

² Docente da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: janainasimov@yahoo.com.br

 <https://orcid.org/0000-0001-6366-2165>

³ Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). E-mail: mirtes599@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7932-3192>

ABSTRACT

The Gramame River Basin is facing an advanced process of degradation caused by the intensive use of its natural resources, which has compromised the availability of water to supply the region. In this context, this study aimed to characterize geomorphometrically the Gramame River Basin and analyze space-temporally its use and occupation through a surface analysis. In order to achieve it, the characterization of the terrain was performed through SRTM images, which gave subsidies to obtain the morphometric parameters; and analysis of the historical dynamics, usage and occupation of the surface through images of the Landsat 5 and 8 satellite of the TM and OLI sensors respectively. It was identified that the basin has predominantly flatland, is dendritic or arborescent, classified according to the hierarchy of channels ranging to 5th order. The morphometric parameters classified the basin as elongated, which prevents large concentrations of outflow, therefore, the basin is little prone to floods and spates. From the analysis of the vegetation, it was identified that more than 80% of the landscapes of the Basin have undergone some degree of modification caused by anthropic activities, represented mainly by agriculture, livestock and urban expansion.

Keywords: Hydrographic Basin; Degradation; Morphometry; Remote sensing.

RESUMEN

La cuenca hidrográfica del Río Gramame sufre un avanzado proceso de degradación provocado por el uso intensivo de sus recursos naturales, lo que está poniendo en riesgo la disponibilidad de agua para el abastecimiento de la región. En ese contexto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar morfológicamente la cuenca hidrográfica del Río Gramame y analizar espacio-temporalmente su uso y ocupación del suelo. Para eso, se realizó la caracterización del relieve a través de imágenes SRTM, lo que dio subsidios para la obtención de los parámetros morfométricos; y el análisis de la dinámica histórica del uso y ocupación del suelo a través de imágenes del satélite Landsat 5 y 8 de los sensores TM y OLI, respectivamente. Se identificó que la cuenca hidrográfica posee relieve predominantemente plano, el patrón de drenaje es del tipo dendrítico o arborescente, clasificado de acuerdo con la jerarquía de los cauces como de 5º orden. Los parámetros morfométricos clasificaron la cuenca como alargada, lo que impide grandes concentraciones de escurrimiento, por tanto, el área de estudio es poco propensa a inundaciones y crecidas. A partir del análisis de la vegetación fue identificado que más de 80% de los paisajes de la cuenca hidrográfica ya pasaron por algún grado de modificación provocado por actividades antrópicas, representadas principalmente por la agricultura, ganadería y la extensión urbana.

Palabras clave: Cuenca Hidrográfica; Degradación; Morfometría; Sensoramiento Remoto.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Gramame desempenha papel extremamente importante para a região metropolitana de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, pois ela é responsável pelo abastecimento de água para o consumo humano e para o desenvolvimento de diversas atividades socioeconômicas. Porém, Watanabe e Barbosa (2009) destacam que esta bacia é quase totalmente cultivada por cana-de-açúcar. Essa cultura faz uso de adubos químicos, corretivos de solo e agrotóxicos, além da necessidade do desmatamento da vegetação nativa para implementação das lavouras. Esses fatores resultam em graves impactos ambientais e em um intenso processo de degradação, como a erosão e o assoreamento, que comprometem a disponibilidade e qualidade da água na bacia.

O cenário mencionado é comum em bacias hidrográficas, uma vez que o desenvolvimento econômico tem se caracterizado nos últimos tempos pelo uso intensivo dos recursos naturais, muitas vezes sem um planejamento adequado. Esse processo tem levado à degradação acelerada e à

transformação da paisagem em diferentes escalas. O avanço técnico-científico e econômico tem permitido ao ser humano moldar o ambiente de acordo com suas necessidades, mas essa exploração tem consequências. Recursos naturais, especialmente os hídricos, estão sendo degradados em todo o mundo, muitas vezes em detrimento dos interesses econômicos (LIMA, 2013; ALVES, 2016).

Dessa forma, fatores como instalações industriais próximas a rios, a concentração populacional em centros urbanos e o desenvolvimento de atividades agrícolas em bacias hidrográficas afetam a disponibilidade e a qualidade da água. Esses desafios exigem uma abordagem holística, considerando a relação entre a bacia hidrográfica, o ecossistema e a sociedade (CARVALHO, 2007; SCHIMDT E MORRISON, 2012; MACHADO E TORRES, 2012). Segundo Nascimento e Vilaça (2008) a bacia hidrográfica é uma unidade natural básica que permite a avaliação de forma conjunta das ações humanas transformando o equilíbrio dinâmico dos sistemas.

Para Christofolletti (1970) a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia das bacias pode levar à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental desses ambientes. Nesse contexto, Salis *et al.* (2019) destacam que a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento indispensável para conhecimento de sua dinâmica hidrológica. As informações quantitativas obtidas podem ser usadas para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais.

Portanto, a quantificação de indicadores como a área da bacia, seu perímetro, comprimento do rio principal, declividade e coeficiente de compacidade permite a análise dos processos de infiltração da água, escoamento superficial, erosão e assoreamento. Além de fornecer dados extremamente importantes para elaborar planos de manejo e conservação dos recursos hídricos, podendo também fornecer informações para prever enchentes, conservar o solo e avaliar a disponibilidade de água (TUCCI *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2017).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica e a análise da dinâmica histórica do uso e ocupação do solo entre os anos de 2006 e 2013 da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame/PB (BHRG), através do uso das geotecnologias pela sua capacidade de análise de forma integrada de diversas variáveis e informações, permitindo a compreensão detalhada da bacia, contribuindo para a gestão e preservação dos recursos hídricos da área de estudo.

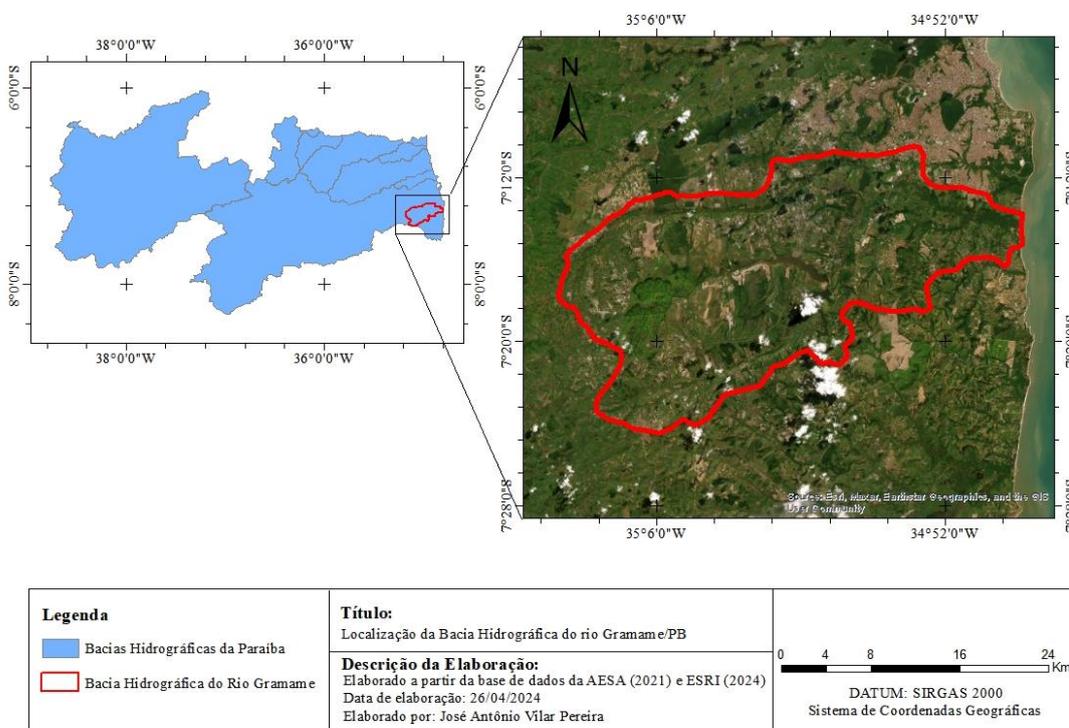
MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo

A BHRG está localizada na mesorregião da Mata paraibana e na microrregião do Litoral Sul do Estado. Limita-se a Norte e Oeste com a Bacia do Rio Paraíba, a Sul com a do Rio Abiaí e a Leste com o Oceano Atlântico (Figura 1). Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2014), a BHRG é a sétima bacia do Estado em termos de extensão com uma área de aproximadamente 589,38km². Sua rede hidrográfica é formada, principalmente, pelos rios Gramame, Mamuaba, Mumbaba e Água Boa, o seu principal curso d'água é o Rio homônimo, com extensão de 54,3 km desde sua nascente em Pedras de Fogo até a foz na praia de Barra de Gramame (CAVALCANTI, 2014).

De acordo com a classificação climática de Köppen a Bacia apresenta um clima do tipo As' tropical quente e úmido, com pouca variação de temperatura, com médias entre 25,6°C em janeiro e 23,0°C em julho, um período chuvoso entre os meses de março a agosto, a precipitação média anual pode chegar aos 1613,2 mm (PDRH, 2000; ABRAHÃO, 2006). A vegetação predominante é típica da Mata Atlântica, bioma endêmico do litoral brasileiro (RODRIGUEZ, 2012).

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Os autores (2024).

Procedimentos Metodológicos

Com base nos objetivos, o trabalho foi desenvolvido obedecendo as seguintes etapas: 1) Levantamento Bibliográfico; 2) Aquisição das Imagens; 3) Pré-processamento das imagens; 4) Processamento Digital das Imagens-PDI; 5) Caracterização Morfométrica e 6) Estudo de campo.

Para a realização do PDI e elaboração dos mapas foram utilizados os softwares Erdas Imagine 2010 e o 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 o levantamento dos parâmetros morfométricos foi utilizado o *software* Spring versão 5.5.4. Para os demais procedimentos foram utilizados os *softwares* QGIS versão 2.18.16 e o Google Earth.

Aquisição das Imagens

A imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é disponibilizada gratuitamente através do site EarthExplorer do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS). Foram obtidas duas imagens correspondente as coordenadas geográficas de 07° 30'44" S, 035°32'07" W e 07°31'03" S, 034°31'38" O, com resolução espacial de 30m.

As imagens Landsat utilizadas foram obtidas através do site GloVis também pertencente a USGS. Essas cenas são provenientes dos satélites Landsat 5 e 8, capturadas pelos sensores Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI) respectivamente.

Foram adquiridas duas imagens da órbita/ponto 215-65 correspondentes as datas 26/08/2006 captadas pelo sensor TM e 28/07/2013 captada pelo sensor OLI. Optou-se pelo uso dessas imagens devido à baixa porcentagem de nuvens detectadas para essas datas. Vale salientar que a partir do 2013 não foi encontrada nenhuma imagem sem a presença de nuvens para área de estudo que permitisse a análise da cobertura do solo.

Pré-processamento das Imagens SRTM

- Mosaico e Recorte das Imagens

Inicialmente, devido a extensão da área trabalhada foi necessário realizar o mosaico das imagens através da ferramenta *Mosaic Images* do *software* Erdas, esse procedimento consiste em unir duas ou mais imagens para se obter uma nova imagem com área maior.

Posteriormente foi necessário realizar o recorte do mosaico criado com intuito de facilitar o processamento dos dados, visto que o uso da imagem inteira é desnecessário. Essa etapa foi realizada

através do software ArcGIS 10 utilizando o arquivo em formato *shapefile* daBHRG disponibilizado no GeoPortal da AESA.

Imagens Landsat 5 e 8

- Empilhamento

Essa etapa foi executada no software Erdas Imagine 10, o procedimento consistiu no processamento em conjunto das bandas que foram utilizadas, nesse caso as bandas correspondentes ao infravermelho (banda 3) e do vermelho (banda 4) do satélite Landsat 5 e as bandas 4 e 5 do Landsat 8.

- Reprojecção das Imagens

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 reprojecção dessas cenas para o Hemisfério Sul, ou seja, *DATUM WGS 1984 UTM Zona Sul*. Essa tarefa foi realizada a partir da ferramenta *Reprojet Images* do software Erdas Imagine 2010.

Processamento Digital das Imagens-PDI

Processamento para o Landsat 5

- Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica, segundo Oliveira et. al (2010) consiste na conversão do nível de cinza de cada pixel e banda, em radiância monocromática que representa a energia solar refletida por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. A calibração radiométrica proposta por Markhane Baker (1987) é obtida através da equação (1):

Equação (1)

$$L_{\lambda} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

Onde: a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima; ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255); e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7).

- *Cômputo da Reflectância*

A reflectância pode ser definida como sendo a razão entre o fluxo e radiação solar refletida pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida segundo Allen et al., (2002) através da equação (2):

Equação (2)

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r^2}$$

Onde: L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda; k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$); Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Processamento para o Landsat 8

- *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 utilizada. A reflectância é obtida através da equação (3) disponibilizada pela USGS (2015):

Equação (3):

$$\rho_{\lambda'} = \frac{(M \rho * Q_{cal} + A \rho)}{\cos Z}$$

Onde: $\rho_{\lambda'}$ é igual a reflectância planetária, sem correção para o ângulo solar; Esse índice permite estudar respostas distintas entre a vegetação e o solo exposto através do contraste; $M\rho$ é o fator multiplicativo (disponível no arquivo metadados); $A\rho$ é o fator aditivo (disponível no arquivo metadados) e Q_{cal} equação (5) proposta por Rouse et al. (1973): corresponde aos valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN)

Equação (4)

$$NDVI = (\rho_{iv} - \rho_v) / (\rho_{iv} + \rho_v)$$

Onde: ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho.

Classificação das Imagens

Essa etapa foi realizada no software ArcGIS onde é possível por meio da análise do histograma das imagens obter a quantidade de pixel da imagem em cada classe. De acordo com Lima (2015) cada pixel da imagem tem a dimensão de 30mx30m, sendo possível obter a área em metros quadrados por classe analisada multiplicando-se o valor total do pixel por classe pelo tamanho da área de um pixel (900m²).

Análise das Variáveis Geométricas da Bacia Hidrográfica

Para a realização dos cálculos da análise morfométrica, ou cálculos morfométricos, é indispensável conhecer determinadas variáveis. Estas variáveis referem-se a área de drenagem da bacia (A), perímetro (P) – medida da distância que perpassar o contorno da bacia, chamado de divisor d'água; comprimento axial da bacia (L_{AX}), comprimento do curso principal (L) e comprimento do total dos cursos da bacia (Lt).

A medição do perímetro, da área da bacia e do comprimento total dos cursos foram calculados no ArcGIS 10 com a ferramenta *Calculate Geometry*, após adicionar um *field* (campo) para cada atributo, justamente na tabela de atributos do *layer* (camada). Os atributos do perímetro, da área da bacia do rio Gramame e do total dos cursos foram adicionados e os cálculos foram efetuados com sucesso, ressaltando que a projeção aconselhada para a implementação desse processo é a projeção UTM (projeção de coordenadas planas) SIRGAS 2000.

A ferramenta *Calculate Geometry* dá acesso a geometria dos recursos em uma camada. Calcula valores de coordenadas, comprimentos e áreas, dependendo da geometria da camada de entrada. Pode-se apenas calcular a área, o comprimento ou o perímetro de recursos se o sistema de coordenadas usado estiver projetado. As projeções diferentes têm propriedades espaciais e distorções distintas. Caso o sistema de coordenadas da fonte de dados e da estrutura de dados não for o mesmo, pode-se obter um resultado diferente se calcular a geometria usando o sistema de coordenadas do quadro de dados do que quando calcula usando o sistema de coordenadas da fonte de dados (ESRI, 2015).

As variáveis restantes foram calculadas a partir da ferramenta *Measure* existente também no ArcGIS, além disso, as medidas de todas as variáveis, com exceção do comprimento total dos cursos d'água, foram verificadas com auxílio do SIG SPRING 5.5.4 por intermédio da sua ferramenta Operações Métricas,

com a finalidade de acurar as medidas.

- Hipsometria

Elaborada a partir do aplicativo ArcGIS 10 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 0 a 219 m.

- Declividade

O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta *Spacial Analyst Tools* do aplicativo ArcGIS e a delimitação das classes foi definida em valores de porcentagem que variaram entre 0 a 55,7%.

- Rede de Drenagem

A extração da rede de drenagem foi feita no *software* ArcGIS por meio da ferramenta *Spacial Analyst Tools* através da opção *Hydrology*.

- Ordem de Canais

A mensuração da ordenação de canais também foi realizada no *software* ArcGIS através da função *Streaan Order*. Essa etapa foi realizada com base na classificação de ordenação de canais de Strahler (1957).

Cálculos para a Caracterização Morfométrica

A caracterização morfométrica da BHRG foi realizada a partir dos parâmetros que são baseados em algumas variáveis de uma bacia hidrográfica, como a área, o perímetro, o comprimento total dos cursos d'água; comprimento axial da bacia; do rio principal e vetorial do rio principal. Os parâmetros adotados para a caracterização morfométrica da BHRG foram os seguintes: o Coeficiente de Compacidade (Kc), o Fator de Forma (Kf), o Índice de Circularidade (Ic), a Razão de Elongação (Re), a Densidade da Drenagem (Dd), o Coeficiente de Manutenção (Cm).

O Coeficiente de Compacidade (Kc) é a relação entre a forma da bacia com um círculo. Segundo Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que diverge coma forma da bacia, independente do seu tamanho. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1 (um) equivaleria a uma bacia circular, mas considerando uma bacia alongada, seu valor seria acima de 1 (um). Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

Equação (5)

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que: Kc = Coeficiente de Compacidade, adimensional; P = Perímetro da bacia (km); A = Área da bacia (km²).

O Fator de Forma (Kf) associa a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão. Uma bacia com fator de forma baixo tem menos suscetibilidade a ter enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). Para determinar o fator de forma foi utilizada a Equação:

Equação (6)

$$Kf = \frac{A}{L_{AX}^2}$$

No qual: Kf = Fator de Forma, adimensional; A = Área da bacia (km²); L_{AX} = comprimento axial da bacia (km).

O Índice de Circularidade (Ic) compara a área da bacia com a área de um círculo de perímetro semelhante ao da área da bacia. Este valor inclina-se para unidade enquanto a bacia se assemelha da forma circular e reduz à proporção que a mesma se torna mais alongada (CARDOSO et al., 2006). Para estabelecer o índice de circularidade fez-se uso da seguinte equação:

Equação (7)

$$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

No qual: Ic = Índice de Circularidade, adimensional; A = Área da bacia (km²); P = Perímetro da bacia (km).

Razão de Elongação (Re) é conceituada como a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia hidrográfica. Esse índice apresenta a suscetibilidade da bacia às enchentes considerando fundamentalmente a sua forma, portanto, quanto maior o valor da razão, maior será a probabilidade de ocorrência de cheias. Porém, com valores menores, indicam para uma bacia mais alongada e com menor risco de cheias (CARDOSO et al, 2006).

Segue a equação:

Equação (8)

$$Re = 1,128 \cdot \left(\frac{A^{0,5}}{L_{AX}}\right)$$

Em que: Re = Razão de Elongação, adimensional; A = área da bacia (Km²); L_{AX} = comprimento do eixo da bacia (Km).

A Densidade da Drenagem (Dd) é na razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia hidrográfica. Conforme Christofolletti (1970), o cálculo da densidade é essencial para o estudo das bacias hidrográficas, pois demonstra a relação inversa com o comprimento dos rios. À medida em que ascende o valor numérico da densidade, ocorre o decréscimo quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. A equação para encontrar a densidade da drenagem é:

Equação (9)

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Em que: Dd = Densidade da drenagem (km/km²); L_t = comprimento total dos canais (km); A = Área da bacia (km²).

O Coeficiente de Manutenção dos canais (Cm) foi apresentado por Schumm (1956), como o inverso da Densidade de Drenagem, assinalando que enquanto a dissecação do relevo vai aumentando, ocorre o decréscimo da área disponível para o modelamento de novos canais, ou seja, o coeficiente de manutenção indica a área média que permanece isenta para formação de novos canais.

Equação (10)

$$Cm = \left(\frac{1}{Dd}\right) \cdot 1000$$

Em que: Dd = Densidade de drenagem (km/km²); Cm = é o coeficiente de manutenção (m²/m).

Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado no ano de 2018 em 25 pontos preestabelecidos em gabinete da bacia hidrográfica do rio Gramame/PB (Figura 2). Teve como finalidade coletar dados para validar as informações obtidas através das imagens de satélite e o mapeamento. Nessa atividade foram utilizadas as seguintes ferramentas: um aparelho celular com câmera digital e com o aplicativo *Google Maps* e um receptor GPS da marca Garmim eTREX 10 para o registro das coordenadas e mapa de caminhada.

Figura 2: Pontos visitados no estudo de campo.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

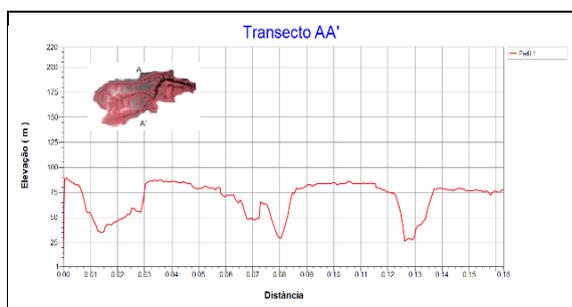
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do Relevo

A unidade geomorfológica que representa a BHRG é o Baixo Planalto Costeiro, com altitudes que variam entre 0 a 219 metros (Figura 3). Segundo o PDRH (2000), essa formação é resultante de deposições ocorridas no período terciário, a partir da erosão natural do Maciço da Borborema, constituindo geologicamente o grupo Barreiras.

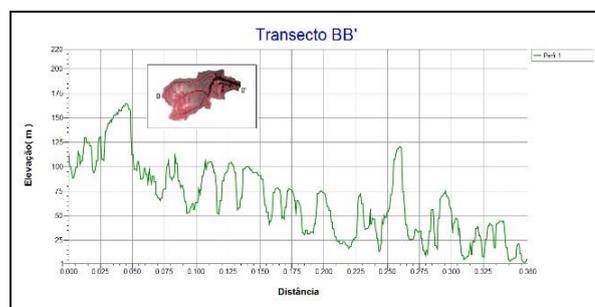
Em um corte transecto na BHRG, a seção do corte AA' representa a variação de elevação na direção de norte para sul, onde pode-se observar a amplitude altimétrica em seu relevo que varia de 90 até 75 metros, sendo face norte da região a de maior altitude (Figura 3). A seção BB' representa a variação de elevação no sentido oeste para leste, onde pode-se observar que a porção oeste da região possui uma amplitude que varia de 0 a 173 metros das áreas com maiores altitudes em relação à região leste do território (Figura 4).

Figura 3: Transecto AA'.



Fonte: Os autores (2018).

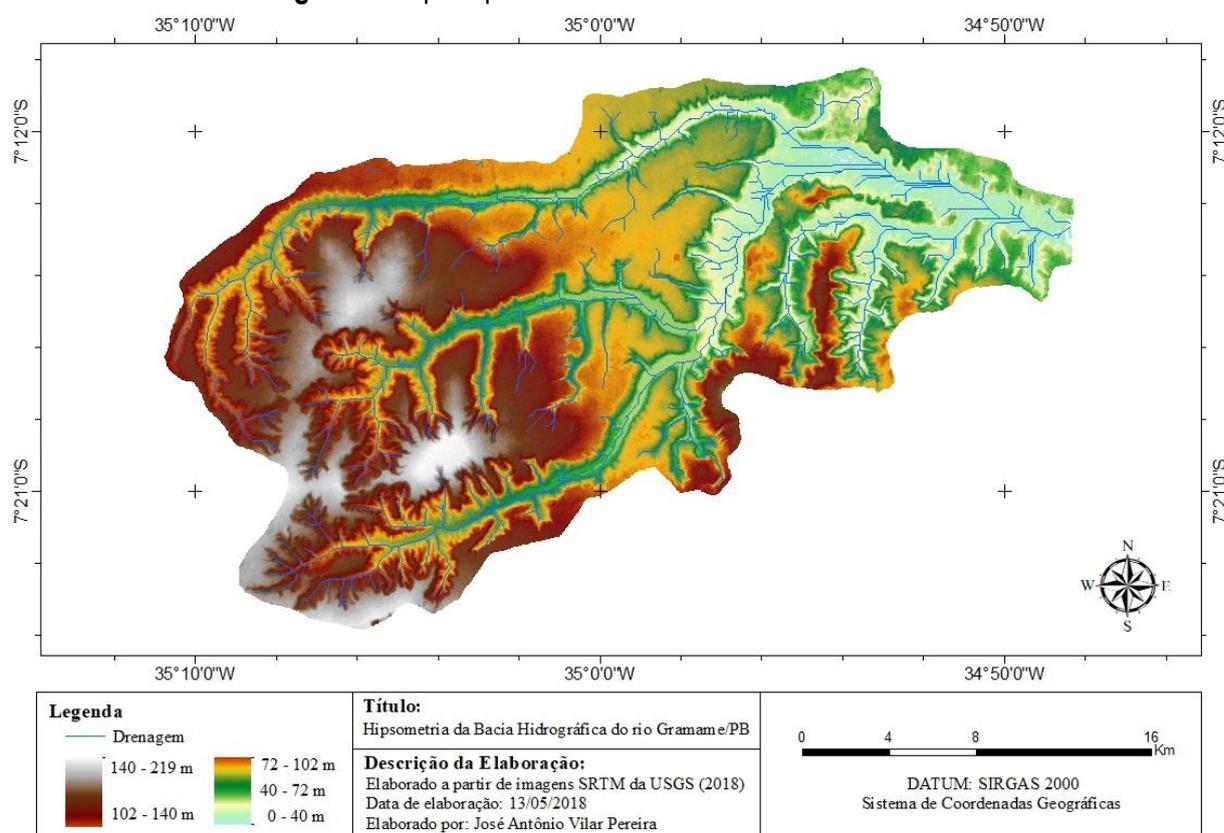
Figura 4: Transecto BB'.



Fonte: Os autores (2018).

Analisando o mapa de hipsometria (Figura 5), observa-se que a área tem uma variação crescente de altitude no sentido leste-oeste, corroborando com os dados dos cortes transecto. Aporção a leste da Bacia, na foz do rio Gramame, não apresenta altitudes expressivas, com cotashipsométricas que variam entre 0 a 72m. Já na porção central, no médio curso do Rio, predominam altitudes entre 72 a 140m, chegando a 219m na região mais a oeste onde estão situadas as nascentes dos principais rios. A amplitude altimétrica que corresponde à diferença entre a altitude mínima na foz e a altitude máxima em um determinado ponto mais a oeste da bacia foi de 219m.

Figura 5: Mapa Hipsométrico da Bacia do rio Gramame/PB.



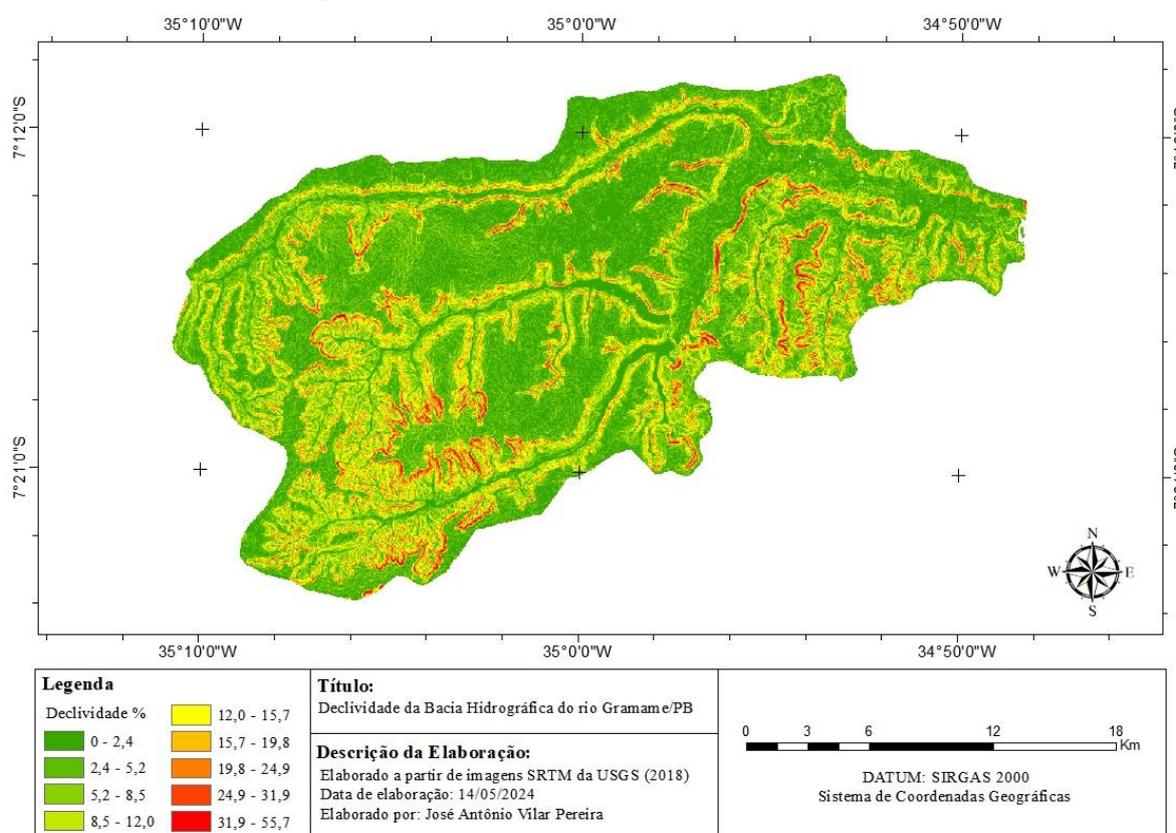
Fonte: Os autores (2018).

A declividade máxima encontrada foi de 55,7% e a mínima foi de 0% (Figura 6 e Tabela1). Com base na classificação de relevo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), a BHRG tem a maior porção da sua área classificada como relevo plano, com declividades entre 0 a 5,2%, que representa cerca de 69,89% da área total, enquanto o relevo classificado como suave ondulado (8,5 a 19%) abrange 28,09% da área. As classes de declividade de menor representatividade (24 a 55%) correspondem ao relevo ondulado, abrangendo uma área de apenas 2,02%.

Tabela 1: Classes de Declividade da Bacia do rio Gramame/PB.

Classes de Declividade (%)	Área (km ²)	Área (%)	Classificação conforme Embrapa (2006)
0 a 2,4	132,97	25,04	Relevo plano
2,4 a 5,2	146,69	27,63	Relevo plano
5,2 a 8,5	91,44	17,22	Relevo plano
8,5 a 12	62,46	11,76	Relevo suave ondulado
12 a 15,7	42,87	8,07	Relevo suave ondulado
15,7 a 19	27,71	5,22	Relevo suave ondulado
19 a 24	16,14	3,04	Relevo suave ondulado
24 a 31	8,11	1,53	Relevo ondulado
31 a 55	2,59	0,49	Relevo ondulado

Fonte: Os autores (2018).

Figura 6: Declividade da Bacia do rio Gramame/PB.

Fonte: Os autores (2024).

Ao analisar concomitantemente os mapas de hipsometria e declividade, pode-se perceber que o relevo da Bacia é caracterizado predominantemente por superfícies aplainadas e suavemente inclinadas na direção de leste para oeste. A mesma apresenta uma certa homogeneidade nas declividades, com quase 70% da área com declives inferiores a 5,2%.

Variáveis Geométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame/PB

A BHRG é composta por quatro rios principais: Gramame, Mamuaba, Mumbaba e ÁguaBoa. Apresenta uma área de 605,891km², com perímetro total de 124,358km². Identificou-se que o rio principal (Rio Gramame), que tem direção de fluxo de sudeste para nordeste, tem um comprimento total de 54,132km. Já o comprimento total da rede de drenagem da bacia em estudo é de 416,5km (Tabela 2).

Tabela 2: Dados geométricos da Bacia do Rio Gramame/PB.

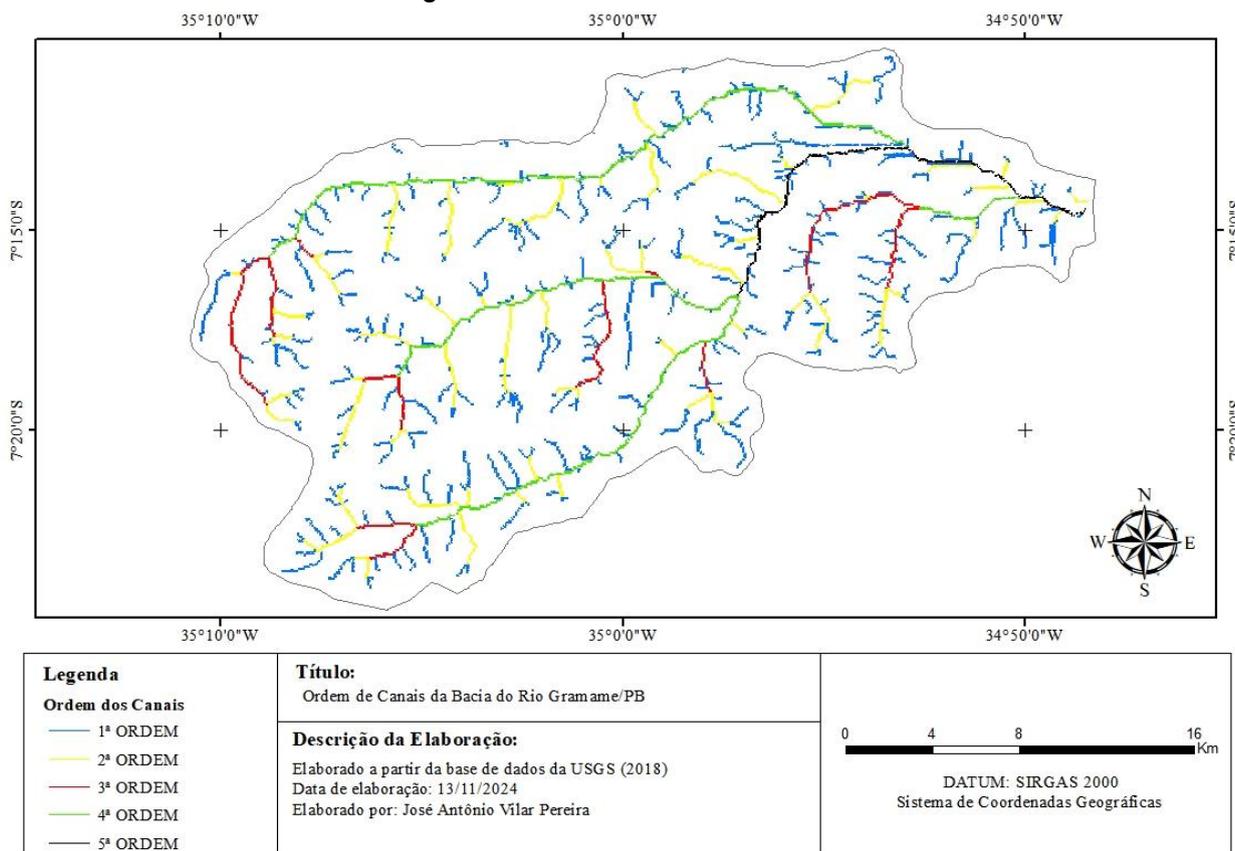
Variáveis geométricas	Medidas
Área total (A)	605,891 km ²
Perímetro (P)	124,358 km
Comprimento do canal principal (L)	54,132 km
Comprimento axial da bacia (L _{AX})	38,978 km
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	416,5 km

Fonte: Os autores (2018).

A Bacia é do tipo exorréica, visto que os cursos d'água principais organizam-se em forma de rede e dirigem-se em direção ao rio Gramame que deságua no mar. Quanto à forma, a Bacia é classificada como dendrítica ou arborescente, recebendo essa denominação por apresentar desenvolvimento semelhante a de galhos de uma árvore, onde os rios confluem em ramos agudos, formando várias ramificações. Esse padrão geomorfológico se desenvolve segundo Christofolletti (1970) sobre estruturas sedimentares horizontalmente distribuídas. Definição compatível com a estrutura geológica da Bacia.

A hierarquização fluvial de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica permite conhecer o grau de ramificação de seu sistema de drenagem (FERREIRA, MOURA & CASTRO, 2012). De acordo com a classificação de Strhaler a BHRG é considerada como de 5^a ordem, o que significa que a mesma recebe contribuição de muitas nascentes e apresenta uma boa ramificação de sua rede e um eficiente sistema de drenagem, lhe garantindo um rápido escoamento (Figura 7).

Figura 7: Ordem de Canais da BHRG.



Fonte: Os autores (2024).

Caracterização Morfométrica

A caracterização morfométrica da BHRG foi realizada baseada nos seguintes parâmetros: Coeficiente de compacidade (Kc), Fator de forma (Kf), Índice de circularidade (Ic), Razão de Elongação (Re), Densidade da Drenagem (Dd) e Coeficiente de Manutenção (Cm). Os resultados obtidos com a análise morfométrica estão apresentados na Tabela 3, com os valores alcançados e as referências utilizadas para realização de sua classificação.

Tabela 3: Caracterização morfométrica da Bacia do Rio Gramame.

Parâmetros	Valores	Classificação	Referência
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,414	Baixa tendência a inundações	Villela e Mattos (1975)
Fator de forma (Kf)	0,398	Baixa tendência a inundações	Villela e Mattos (1975)

Índice de circularidade (Ic)	0,492	Baixa tendência a inundações	Cardoso et al. (2006)
Razão de alongação (Re)	0,712	-	Castro (2018)
Densidade da Drenagem (Dd)	0,687km/km ²	Drenagem média	Félix e Sousa (2017)
Coeficiente de manutenção (Cm)	145,560m ² /m	-	-

Fonte: Os autores (2018).

O fator de forma (Kf) encontrado foi de 0,398, indicando que a bacia é pouco propensa a enchentes, portanto, devido ao seu tamanho é improvável uma precipitação que cubra todo o território da mesma. O valor de referência para esse parâmetro pode ser classificado da seguinte forma: valores inferiores a 0,50 apresentam baixa propensão a enchentes, de 0,50 a 0,75 média propensão e de 0,75 a 1,00 altamente propensa a grandes enchentes (FÉLIX & SOUZA, 2017). Conforme Cardoso *et al.*, (2006) a forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia.

O coeficiente de compacidade (Kc) apresentou o valor de 1,414 o que significa que a Bacia é mais alongada, reforçando que a mesma tem baixa tendência a inundações. Segundo Villela e Mattos (1975) quanto mais próximo esse número for de zero, mais arredondada será a bacia e, portanto, estará mais sujeita a enchentes, para coeficientes acima de um, a bacia irá apresentar baixa suscetibilidade de ocorrência de inundações.

Quanto ao índice de circularidade (Ic) o valor encontrado (0,492) corrobora com os resultados dos parâmetros anteriores, indicando que a bacia tem uma forma mais alongada, favorecendo o escoamento e reduzindo a probabilidade de enchentes. Esse parâmetro influencia a determinação do débito (vazão) e a intensidade de escoamento, tende para unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui conforme a mesma se torna mais alongada (CARDOSO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2010). A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída após uma precipitação (TONELLO *et al.*, 2006).

O resultado obtido para a razão de alongação (Re) foi de 0,712, segundo Castro (2018) não existe para a razão de alongação parâmetro para comparação, ele descreve a relação entre o diâmetro da área e o comprimento do eixo da bacia.

A Densidade da Drenagem (Dd) apresentou valor de 0,687km/km², Félix e Sousa (2017) classificam valores de até 0,5 como baixa densidade, de 0,5 a 2,00 média, 2,01 a 3,50 alta, e valores superiores a 3,50 como densidade de drenagem muito alta, sendo assim, a bacia em questão apresenta densidade de drenagem média.

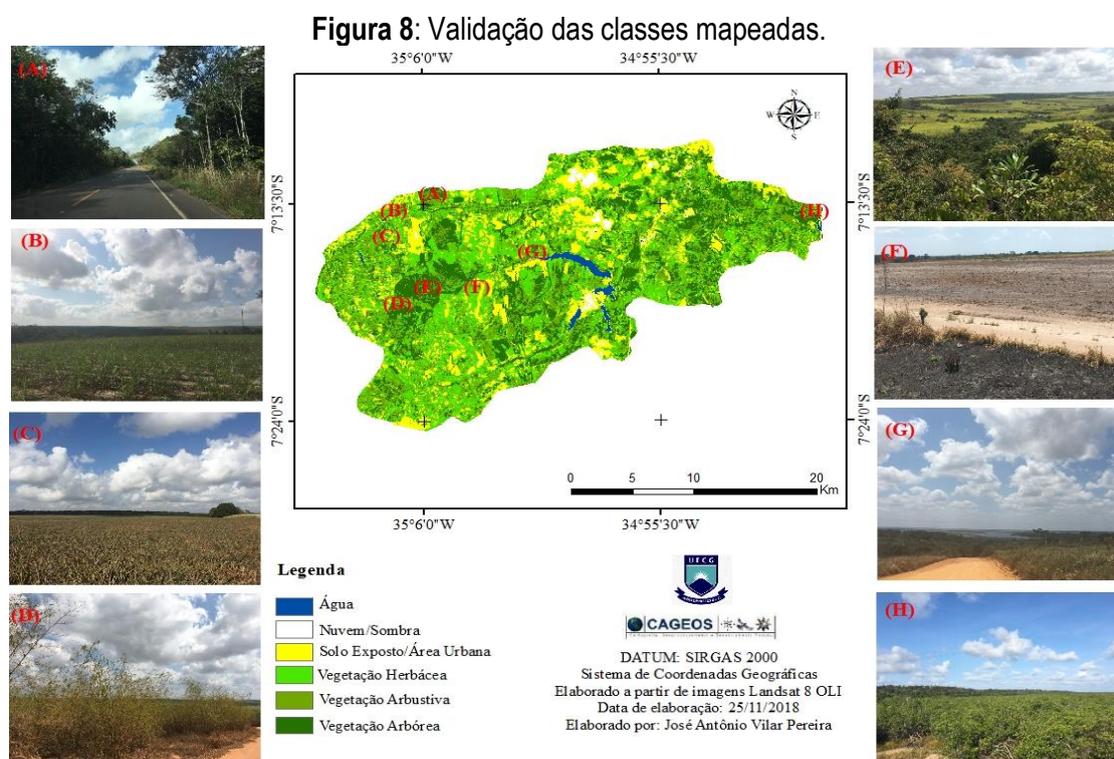
Para Cristofolletti (1970), o Coeficiente de Manutenção (Cm) é um dos valores mais

importantes para a caracterização do sistema de drenagens, onde o valor do índice representa a área mínima para um canal de primeira ordem, o que posteriormente dá origem às demais ordens de canais dentro de uma bacia, que são os fornecedores da água que mantem o canal principal.

De acordo com Schumm (1956) o coeficiente de manutenção, pode ser calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Assim, os resultados obtidos indicam que são necessários $145,560\text{m}^2/\text{m}$ para manter perene cada metro de canal da BHRG. A partir do valor obtido relacionando-se com o da densidade de drenagem é possível afirmar que o Rio possui uma boa capacidade de manutenção de um metro de canal fluvial. Portanto, a BHRG por ter uma boa drenagem apresenta uma alta capacidade de gerar novos cursos d'água, pois a mesma apresenta uma hierarquia fluvial de 5ª ordem, mostrando-se bastante ramificada.

Análise Espaço-Temporal do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica Do Rio Gramame/PB

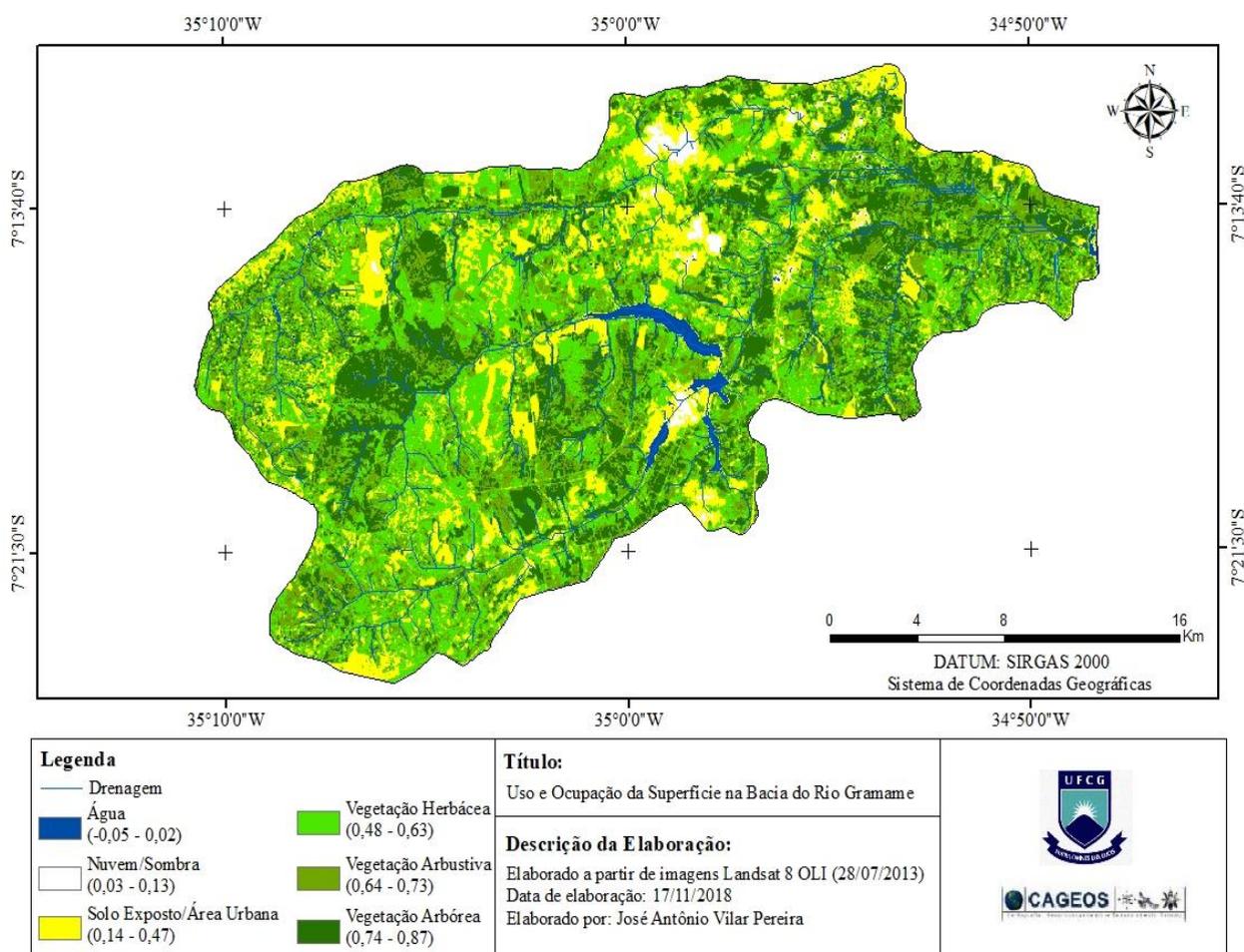
Após a classificação das imagens do satélite Landsat identificou-se seis classes principais de uso e ocupação do solo na BHRG: Vegetação Herbácea (Imagem B e C), Arbustiva (Imagem D), Arbórea (Imagem A e E), Solo Exposto/Área Urbana (Imagem F e H), Nuvem/Sombra de Nuvem e Água (Imagem G). Os resultados encontrados foram corroborados a partir da realização do trabalho de campo, onde foi possível também validar com base nas imagens da classificação supervisionada as classes mapeadas (Figura 8).



Fonte: Os autores (2018).

No mapeamento para o ano de 2013 identificou-se que a categoria que ocupou maior área foi a de Vegetação Herbácea, com 191,21km² o que representa em porcentagem cerca de 32,46% da área total da Bacia, essa classe predomina em áreas onde as características do relevo são menos acentuadas, não ultrapassando os 5,2% de declividade (Figura 9). Tais características favorecem a ocupação humana. Em campo, foi verificado que essa classe representa áreas onde a vegetação natural foi desmatada e substituída por espaços destinados a pastagens e ao cultivo de culturas temporárias ou fixas, principalmente a cana-de-açúcar e em menor proporção o abacaxi, feijão, milho, mandioca, entre outras (Figuras 10).

Figura 9: Uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Gramame (2013).



Fonte: Os autores (2018).

Figura 10: Lavoura de cana-de-açúcar (Imagem A) e plantação de abacaxi (Imagem B).



Fonte: Os autores (2018).

As classes de uso e ocupação do solo podem ser observadas na Tabela 4 de acordo com a ordem que cada categoria ocupou e suas respectivas áreas em porcentagem e em quilômetrosquadrados.

Tabela 4: Classes de uso e ocupação do solo para o ano de 2013.

Classe	Área (km ²)	(%)
Vegetação Herbácea	191,21	32,46
Vegetação Arbustiva	159,46	27,07
Vegetação Arbórea	115,68	19,64
Solo Exposto/Área Urbana	108,38	18,40
Nuvem/Sombra de Nuvem	7,45	1,26
Água	6,91	1,17
Total	589,09	100

Fonte: Os autores (2018).

Na sequência, a classe Vegetação Arbustiva que está presente nas porções planas a suave ondulado do relevo ocupou 159,46km² (27,07%), sendo identificada em campo como a vegetação natural que foi desmatada e está em recuperação ou áreas destinadas a plantação de bambu, coco e outras culturas (Figura 11).

Figura 11: Plantação de bambu (Imagem A) e coco (Imagem B).



Fonte: Os autores (2018).

A classe Vegetação Arbórea contabilizou 115,68km² (19,64%), identificada como área onde a vegetação natural ainda não foi alterada e plantações de eucalipto. Essa categoria está localizada próximo ao leito dos canais de drenagem e nas porções do relevo classificadas como suave ondulado a ondulado, o que leva a deduzir que por serem áreas mais altas e mais inclinadas, o acesso humano para exploração torna-se mais difícil, mantendo-as preservadas (Figura 12).

A categoria Solo Exposto/Área Urbana foi calculada em 108,38km² (18,40%), identificada em campo como as áreas construídas e principalmente os solos degradados onde a vegetação natural foi completamente suprimida, como também as áreas destinadas a agricultura que estão em repouso para o plantio (Figura 13). Na classificação não foi possível separar essas duas classes, pois os alvos apresentam respostas espectrais semelhantes. Essa categoria predomina nas áreas de relevo mais planas, com declividade variando de 0 a 2,4%, onde prevalecem altitudes de no máximo 100m acima do nível do mar. Por serem áreas mais aplainadas são mais susceptíveis ao uso e ocupação humana e, portanto, têm mais probabilidade de serem degradadas.

As classes que ocuparam menor área da bacia no ano analisado foram as de Nuvem/Sombra de Nuvem com 7,45km² (1,26%) e Água com 6,91km² (1,17%).

Figura 12: Vegetação arbórea próximo ao leito dos rios.



Fonte: Os autores (2018).

Figura 13: Área de solo exposto sendo preparada para o plantio.

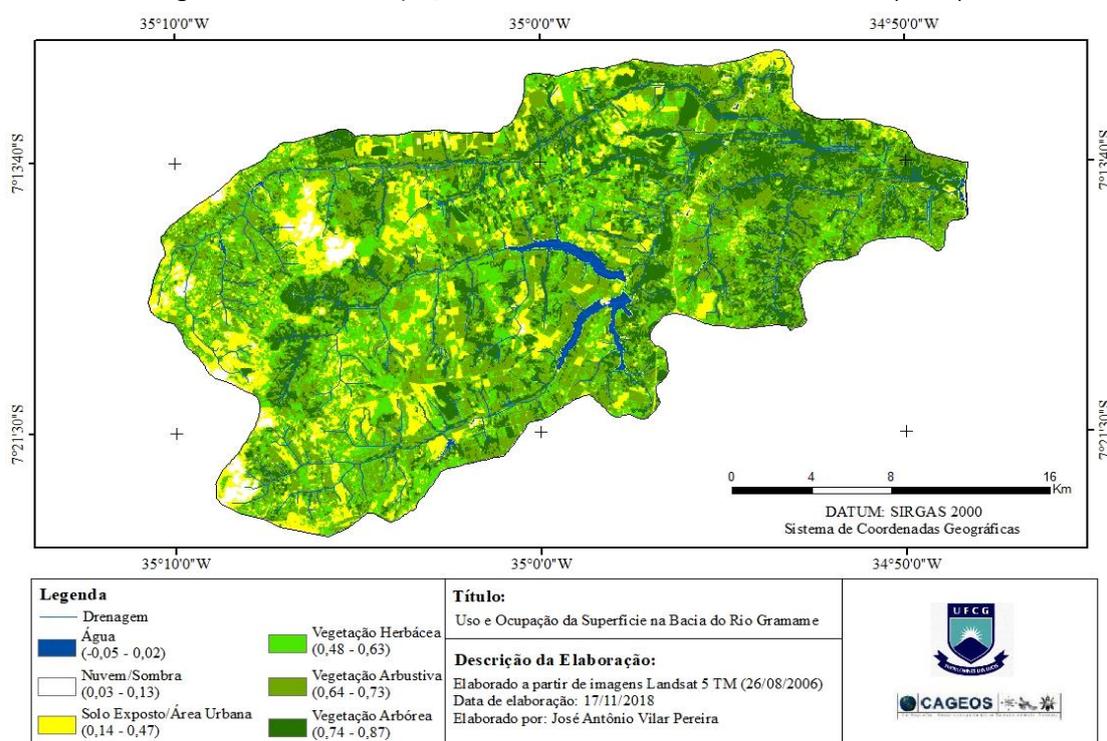


Fonte: Os autores (2018).

De acordo com o mapeamento para o ano de 2006 (Figura 14), verificou-se que a classe com maior área calculada foi a de Vegetação Arbustiva com 212,10km², o que representa 36,01% da área total da bacia (Tabela 5). A classe identificada como Vegetação Herbácea contabilizou 143,92km² (24,43%), seguida pela Vegetação Arbórea com 118,18km² (20,06%), Solo Exposto/Área Urbana com 96,93km² (16,45%), Nuvem/Sombra de Nuvem com 10,46km² (1,78%) e Água com 7,50km² (1,27%).

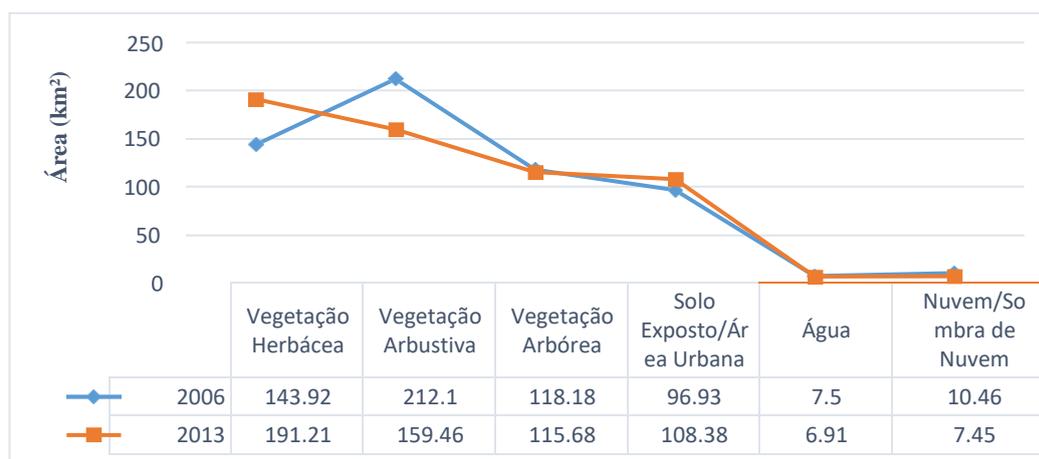
Tabela 5: Classes de uso e ocupação do solo para o ano de 2006.

Classe	Área (km ²)	(%)
Vegetação Arbustiva	212,10	36,01
Vegetação Herbácea	143,92	24,43
Vegetação Arbórea	118,18	20,06
Solo Exposto/Área Urbana	96,93	16,45
Nuvem/Sombra de Nuvem	10,46	1,78
Água	7,50	1,27
Total	589,09	100

Figura 13: Uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Gramame (2006).

Fonte: Os autores (2018).

Ao comparar os resultados obtidos nos mapas de uso e ocupação do solo de 2013 com o de 2006 (Figura 14), verifica-se que houve aumento da classe Vegetação Herbácea, condizente com as áreas de agricultura e pastagens, que em 2006 ocupava 143,92km² e passou em 2013 para 191,21km², aumentando 47,29km². Esse acréscimo é consequência da redução das classes Vegetação Arbustiva e Vegetação Arbórea, que no período analisado diminuíram 52,64km² e 2,5km² respectivamente.

Figura 14: Evolução das classes de uso e ocupação do solo (2006-2013).

Fonte: Os autores (2018).

Para o ano de 2006 somando-se as classes Vegetação Herbácea (143,92km²), Arbustiva (212,10km²) e Arbórea (118,18km²) contabilizava-se 474,2km² o que equivale a 80,50% da área total da bacia cobertas por algum tipo de vegetação. No ano de 2013, às classes Vegetação Herbácea (191,21km²), Arbustiva (159,46km²) e Arbórea (115,68km²) juntas correspondiam a 466,35km² ou 79,16%. Portanto, no período analisado houve uma redução de 7,85km² da cobertura vegetal.

A supressão da vegetação pode ser justificada pelo fato desta encontrar-se localizada nas áreas de menores altitudes e menores declividades onde tem-se um maior campo de atuação de ações antrópicas degradantes, principalmente o desmatamento da vegetação nativa para dar lugar novas áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar e as pastagens, ambas utilizando-se de algumas práticas rudimentares (Figura 15). Para o cultivo da cana-de-açúcar os produtores, como analisado por Pereira & Silva (2015), tradicionalmente utilizam o fogo para queimar a palha da cana com o objetivo de facilitar o corte nos períodos de colheita. O fogo também é utilizado pelos agricultores para limpar roçados e por criadores de gado para criar pastagens (Figura 16).

O avanço das áreas urbanas na BHRG também pode ter sido um fator importante que contribuiu para a redução da vegetação. A classe Solo Exposto/Área Urbana passou de 96,93km² em 2006 para 108,38km² em 2013, ou seja, houve um aumento de 11,45km² dessa categoria. A classe Água contabilizada em 2006 em 7,5km² e em 2013 em 6,91km² e Nuvem/Sombra de Nuvem contabilizada para 2006 em 10,46km² e em 2013 em 7,45km² reduziram 0,59km² e 3,01km² respectivamente.

Figura 15: Substituição da vegetação natural por áreas de cultivo.



Fonte: Os autores (2018).

Figura 16: Áreas de pastagens criadas através de queimadas.



Fonte: Os autores (2018).

A partir da análise histórica do uso e ocupação do solo da BHRG, verifica-se que uma porção significativa das paisagens dessa área já passou por algum grau de modificação e algumas paisagens atualmente encontram-se em intenso processo de degradação, provocado pelas práticas inadequadas de uso e ocupação do solo e as atividades econômicas desenvolvidas na Bacia. Segundo o PDRH (2000), as atividades identificadas são representadas por indústrias de mineração, panificação, olarias, instalações de loteamento, implantação de açudes, implantação da estrutura viária e as atividades agrícolas como cultivo de abacaxi, coco, mandioca, inhame e cana-de-açúcar, esta última sendo a atividade que mais se expandiu nos últimos anos, passando a ocupar também os tabuleiros além dos terraços recentes de fundo de vale.

A área mapeada como Vegetação Arbórea em 2013 ocupava 115,68km², isso equivale apenas 19,64% da área total da Bacia. Originalmente, essa classe deveria representar a vegetação natural que ainda não foi modificada pelo ser humano. No entanto, durante as visitas a campo, observou-se que essas áreas vem sendo substituída por espécies comerciais, como o bambu e o eucalipto.

A substituição da vegetação nativa por espécies exóticas pode originar inúmeras consequências para a bacia hidrográfica. Silvério et al. (2010) destacam que o bambu é altamente competidor por espaço e luz, inibindo o crescimento de espécies pioneiras. Por sua vez, o eucalipto segundo Viana (2004) provoca o empobrecimento de nutrientes no solo e o seu ressecamento, tornando o balanço hídrico deficitário, com o rebaixamento do lençol freático e até o desaparecimento de nascentes.

Desse modo, apesar dos resultados dos índices morfométricos indicam que as características naturais da bacia hidrográfica do Rio Gramame impedem grandes concentrações de deflúvio, tornando-a pouco propensa a inundações e enchentes. As visitas a campo e a análise histórica do uso do solo, mostram que entre os anos de 2006 e 2013 mais de 80% da sua área vegetal foi degradada devido as práticas inadequadas desenvolvidas através de atividades econômicas, principalmente a urbanização e a

agropecuária.

Nesse contexto, essas atividades resultam na retirada da cobertura vegetal e na compactação do solo, comprometendo os processos de infiltração de água e conseqüentemente aumentando o escoamento superficial. Além de intensificar os processos de erosão e assoreamento dos rios, contribuindo para a ocorrência de alagamentos, contrariando as características geomorfológicas naturais da bacia de resistir a tais eventos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificou-se que a Bacia do Rio Gramame é composta por um relevo com superfícies predominantemente aplainadas e suavemente onduladas, com quase 70% da área com declives inferiores a 5,2%, com as maiores altitudes localizadas na porção oeste. Quanto à forma foi identificado que a Bacia é do tipo dendrítica ou arborescente, com drenagem do tipo exorreica e hierarquização de canais de 5ª ordem.

Os resultados da morfometria (índice de circularidade, coeficiente de compacidade, fator de forma e razão de alongação) indicam que a Bacia é alongada e tem um escoamento superficial rápido, o que impede grandes concentrações de deflúvio, tornando-a pouco propensa a inundações e enchentes. Entretanto, a partir de visitas a campo constatou-se que as paisagens da bacia do rio Gramame encontram-se extremamente modificadas, resultado das atividades antrópicas desenvolvidas na área, representadas principalmente pela agricultura, pecuária e a expansão urbana.

Portanto, conclui-se que a degradação observada contraria as características morfométricas da bacia. A retirada da vegetação deixa o solo desprotegido sob os efeitos das chuvas e erosão, o que pode acarretar o assoreamento de rios e o desaparecimento de nascentes, diminuindo a disponibilidade de água para a região em um futuro próximo e aumentando a suscetibilidade a enchentes.

Por fim, os problemas identificados na Bacia do Rio Gramame representam uma situação padrão encontrada em bacias hidrográficas localizadas em regiões litorâneas, reflexo de processo histórico de uso e ocupação do solo efetuado de forma desordenada e da exploração dos recursos naturais não respeitando o tempo de renovação da natureza. Tornando assim, necessária a adoção de medidas imediatas para combater a degradação e recuperar áreas já degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, R. Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. 140 f.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2014. GeoPortal. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 23/04/2018.



Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 27, n. 1, p. 312-338, 2025, <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

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

ALVES, T. L. B. Avaliação do Nível de Degradação das Terras (Desertificação) no Alto Cursoda Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2016. 151 f.

ARAÚJO, E. D. S. Sensoriamento Remoto Na Análise Das Mudanças Ambientais Na Cidade De Campina Grande-PP. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2015, 54 f.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográficado rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, A. P. Diagnóstico da Degradação Ambiental do Açude Bodocongó em CampinaGrande - PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007. 114 f.

CASTRO, J. A. B. Análise Temporal do Uso e Ocupação do solo da Bacia do Médio Jaguaribe-CE. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal rural de Pernambuco, Recife, 2018. 94 f.

CAVALCANTI, A. K. G. Investigação Sobre o Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame Considerando os Cenários Atual e Potencial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. 115 f.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Tese (Livre Docência), Rio Claro. Universidade Estadual Paulista, 1970. 375f.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. 83 p. 1979.

FERREIRA, R. G. MOURA, M. C. O. CASTRO, F. S. Caracterização Morfométrica Da Sub- Bacia Do Ribeirão Panquinhas, ES. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.8, n.15, p. 2247 – 2256,2012.

FELIX, E. A.; SOUZA, C. A. Levantamento e Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica doRio Cabaçal-MT. In: I CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, Campinas/SP, 28 junho à 02 de julho de 2017. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, Campinas: UNICAMP, 2017. 75 – 86.

LIMA, F. N. de. Mapeamento e Análise Espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal no Bioma Caatinga. Fundação Joaquin Nabuco, Recife, 2015.

LIMA, M. N. S. Classificação Ecodinâmica das Unidades de Paisagem da Área de Preservação Ambiental das Onças, no Município de São João do Tigre/PB. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2013. 136 f.

LIMA, P. P. S. Análise do Processo de Degradação/Desertificação da Bacia do Rio Taperoá/PB Através de Indicadores e Geotecnologias. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2014.163 f.

LUCENA, A. P de. O uso do IVDN no estudo da degradação ambiental de bacias hidrográficasdo litoral sul do estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. 105 f.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. Introdução à Hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 192p.

MARKHAM, B. L; BARKER, L. L. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing* 8, 517-523, 1987.

NASCIMENTO. W. M. & VILAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. *Revista eletrônica da*



Associação dos Geógrafos Brasileiros. Três Lagoas, v. 1, n. 7. p. 85 – 105, 2008.

OLIVEIRA, T. H. et al. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife/PB, v. 3, n. 2, p. 55 – 69, 2010.

PDRH - Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba, 2000.

PEREIRA, J. A. V.; SILVA, J. B. S. Detecção de Focos de Calor no Estado da Paraíba: Um Estudo Sobre as Queimadas. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 10, n. 1, p. 5-16, 2016.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM*, 3. Washington, D.C., 1973. **Proceedings**. Washington, D.C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v.1, p.309-317, 1973.

RODRIGUEZ, J. L (Coord.). Atlas Escolar Paraíba: Espaço Geo-Histórico e Cultural. João Pessoa: Grafset, 2012. 68p.

SCHIMDT, P. & MORRISON, T. H. Watershed management in an urban setting: process, scale and administration, Elsevier, v. 29, p. 45– 52, 2012.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.

SILVA, L; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A. Caracterização Geomorfométrica e Mapeamento dos Conflitos de Uso na Bacia de Drenagem do Açude Soledade. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 2, p. 112-122, 2010.

SILVÉRIO, D.V; MEWS, H.A; LENZA, E. Impactos do agrupamento do bambu *Actinocladum verticillatum* (Ness) McClure ex. Sodertr. (Poaceae) sobre a vegetação lenhosa de duas fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado Floresta Amazônica. *Acta Amazônica*, v. 40, n. 2, p.: 347-355, 2010.

STRAHLER AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union* n.38, p.913–920, 1957.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. *Revista Árvore*, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

VIANA, M.B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala (Estudo). Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2004. Brasília, DF. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1162>. Acesso em: 27/11/2018.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.239p.

WATANABE, T.; BARBOSA, J. E. L. Impactos Ambientais na Bacia do Rio Gramame. In: BARBOSA, J. E. de L; WABANABE, T. A Bacia do Rio Gramame: Biodiversidade, Uso e Conservação. Campina Grande/PB: Eduepb, 2009. 229p.