



## Análise da suscetibilidade à ocorrência de enchentes e alagamento na bacia do alto/médio curso do rio Jaguaribe, João Pessoa/PB, a partir de características morfométricas extraídas de dados SRTM

Susceptibility analysis the occurrence of floods and flooding in the basin of the river Jaguaribe, João Pessoa/PB, from extracted morphometric characteristics of SRTM data

SANTOS<sup>1</sup>, C. L.; WANDERLEY<sup>2</sup>, L. S.; VITAL<sup>3</sup>, S. R. O.; GIRÃO<sup>4</sup>, O.  
*Caiolima21@hotmail.com*

### Resumo

A análise morfométrica de bacias hidrográficas é uma importante ferramenta para a compreensão da dinâmica geomorfológica e para o planejamento das atividades socioeconômicas. Os índices morfométricos podem fornecer importantes informações para o planejamento, como por exemplo, a susceptibilidade a ocorrência de enchentes e alagamentos. Tal abordagem permite conhecer o modo como os principais processos do ciclo hidrológico se comportam em determinada bacia, tais como a infiltração e escoamento superficial. O presente estudo optou por trabalhar com os índices de circularidade, fator forma, coeficiente de compactidade e densidade de drenagem, aplicados à bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, localizado na área urbana do município de João Pessoa/PB, tendo como objetivo a análise da suscetibilidade de ocorrência de enchentes e alagamentos nessa área. Percebeu-se que, com base nos dados morfométricos obtidos nesse estudo, a referida bacia hidrográfica não apresenta forte aptidão a ocorrências de tais eventos, estando sua ocorrência, portanto, fortemente associada a fatores resultantes do modo como ocorre o uso e ocupação do solo, que resulta na formação de diversos processos erosivos e no consequente processo de assoreamento do canal fluvial.

**Palavras-chave:** Morfometria, enchentes, alagamentos.

### Abstract

The morphometric analysis of watersheds is an important tool for understanding the geomorphological dynamics and for the planning of socio-economic activities. The indices can provide important information for planning, such as susceptibility to occurrence of floods and flooding. Such an approach allows to know how the main processes of the hydrological cycle behave in a particular basin, such as infiltration, runoff and evapotranspiration. This study chose to work with the circularity index, form factor, compactness coefficient and drainage density, applied the watershed of the Jaguaribe river, located in the urban area of the city of João Pessoa / PB, with the objective to analyze the susceptibility occurrence of floods and flooding in that area. It was felt that, based on morphometric data obtained in this study, said basin does not have strong aptitude to occurrences of such events, and its occurrence is therefore strongly associated with factors resulting from the way is the use and occupation, resulting in the formation of various erosion and consequent siltation process of the river channel.

**Keywords:** Morphometry, floods, flooding.

<sup>1</sup>Caio Lima dos Santos, Programa de pós-graduação em geografia – PPGeo, Recife/PE, Brasil.

<sup>2</sup>Lucas Suassuna Wnaderley, Programa de pós-graduação em geografia – PPGeo, Recife/PE, Brasil.

<sup>3</sup>Saulo Roberto de Oliveira Vital, Professor substituto na Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa/PB, Brasil

<sup>4</sup>Oswaldo Girão da Silva, Professor Adjunto I na Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Brasil.

## **1. INTRODUÇÃO**

As bacias hidrográficas são importantes unidades da paisagem e encontra-se relacionadas a diversos ciclos ambientais, pois estão associadas à dinâmica biológica, climática, geomorfológica e cultural da paisagem. Sendo assim, a funcionamento de uma bacia hidrográfica deve ser abordado de maneira holística, conservando a peculiaridade metodológica da geografia de compreender os processos e fenômenos através de uma visão sistêmica.

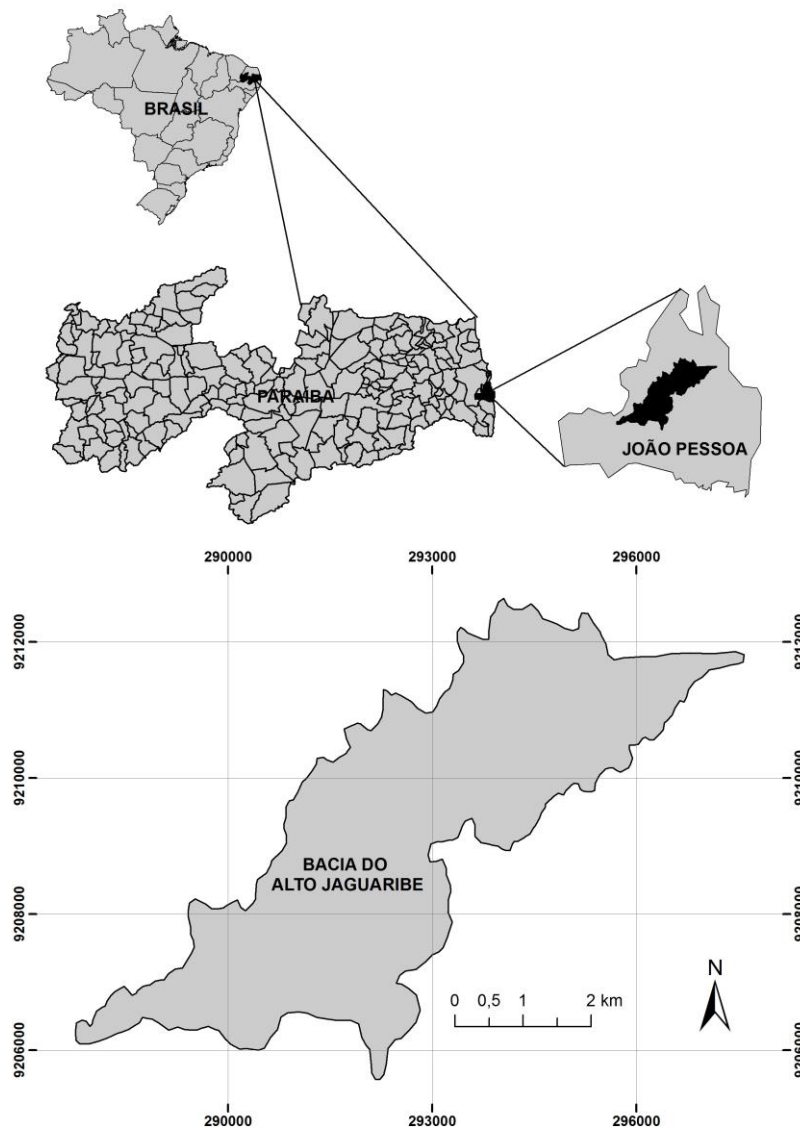
O rápido crescimento das cidades brasileiras tem aumentado o numero de pessoas atingidas por enchentes catastróficas resultantes de eventos extremos de chuvas, e da maior exposição ao perigo diante variabilidade do clima e do arranjo espacial da sociedade brasileira nos centros urbanos. Desse modo, destaca-se a importância de estudos voltados para compreender as dinâmicas interfluviais tropicais úmidas, a fim de propor soluções efetivas para o planejamento territorial.

Nesse contexto, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é uma importante ferramenta para a compreensão da dinâmica geomorfológica e para o planejamento das atividades socioeconômicas. Os índices morfométricos expressam quantitativamente as características de uma bacia, e seu cálculo permite conhecer as inter-relações existentes entre os processos. Dessa maneira, tal abordagem permite conhecer o modo como os principais processos do ciclo hidrológico se comportam em determinada bacia, tais como a infiltração e o escoamento superficial. Por esta razão, os índices morfométricos podem fornecer importantes informações para o planejamento, como por exemplo, a susceptibilidade a ocorrência de cheias e a densidade de drenagem.

Os índices selecionados para um estudo devem representar medidas de características fisiográficas de uma bacia e devem ser importantes feições para o manejo e planejamento de ações adequadas a uma unidade de paisagem. Por esta razão o presente estudo optou por trabalhar com os índices de circularidade, fator forma, coeficiente de compacidade e densidade de drenagem.

### **1.2 Localização e caracterização da área de estudo**

A área de estudo corresponde à bacia do alto/médio curso do rio Jaguaribe, município de João Pessoa/PB, com aproximadamente 22 km<sup>2</sup>, estando totalmente inserida na área urbana do referido município. Sua nascente principal encontra-se numa área bastante urbanizada, as margens da BR 230, entre os bairros Esplanada e Cristo Redentor, numa situação geomorfológica que apresenta declividade suave, entre o tabuleiro litorâneo e uma dolina (relevo cárstico) nas três lagoas, região de Oitizeiro (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa de localização da bacia do alto/médio curso do rio Jaguaribe

Com relação ao clima, a área está sobre influência de um clima tropical úmido com chuvas concentradas no outono e inverno que possui média pluviométrica de cerca de 2000 mm anuais. Esse clima possui como principais centros de ação os anticiclones semifixos do Hemisfério Norte e Sul e a Zona de Convergência Intertropical. Tais sistemas são responsáveis por quase totalidade dos tipos de tempo observados no setor setentrional e oriental da região Nordeste.

O principal sistema atmosférico produtor de chuvas são os Distúrbios Ondulatórios de Leste, os quais se caracterizam por uma perturbação barométrica no campo de propagação dos ventos alísios, se deslocando do oceano para o continente. No Brasil os primeiros estudos sobre as Ondas de Leste foram feitos por Neiva (1975) e Yamazaki (1977), os quais identificaram a presença desses sistemas de leste no Atlântico Sul propagando-se em direção ao Nordeste Brasileiro. Foram feitas observações sobre os padrões

de nebulosidade e suas propagações, sugerindo que a estação chuvosa do litoral nordestino era modulada pelos distúrbios de leste. Molion e Bernardo (2002) propuseram que os processos de formação desses fenômenos seriam penetrações de sistemas frontais provenientes dos dois hemisférios e complexos convectivos de mesoescala da Região da ZCIT e costa africana. Barbosa (2005) estudou o comportamento das Ondas de Leste entre 1984 e 1998, concluindo que as mesmas estão relacionadas com o início de 60% das perturbações convectivas que se propagam mais de 450 km continente adentro. Outros sistemas com os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) são importantes na produção de chuvas principalmente durante o verão e outono.

Com relação à geologia, a área de estudo está inserida no contexto geológico da bacia sedimentar marginal Paraíba, que está subdividida em três unidades, constituindo as sub-bacias Alhandra, Miriri e Olinda. (Araujo, 1993 e 2012; Mabesoone e Alheiros 1991 e 1998; Lima Filho, 1998; Furrier, 2007). Segundo Araujo (2012), as camadas litológicas que compõe essa bacia apresentam comportamento homoclinal, estando suavemente inclinada para leste. A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, objeto de estudo dessa pesquisa, está inserida na sub-bacia Alhandra.

A sub-bacia Alhandra é constituída de três camadas litoestratigráficas: a Formação Beberibe/Itamaracá, a Formação Gramame e a Formação Maria Farinha, recobertas pelos sedimentos da Formação Barreiras, que por sua vez representa a única camada aflorante na área de estudo.

O material sedimentar que compõe a Formação Barreiras é resultado do processo de intemperismo realizado sobre o embasamento cristalino do Planalto da Borborema. A deposição desse sedimento se deu através de sistemas fluviais desenvolvidos sobre leques aluviais (Alheiros, 1988), correspondendo a maior representação da cobertura sedimentar Fanerozóica que a compõe área. Essa formação é constituída de sedimentos areno-argilosos mal consolidados de origem continental, dispendo-se em camadas areno-siltosos, arenosos, conglomeráticos e ferruginosos, recobrando de maneira discordante as formações litoestratigráficas que compõe o Grupo Paraíba (Araujo, 1993; Araujo, 2012; Furrier, 2007).

Segundo Oliveira (2001), os sedimentos da Formação Barreiras estão expostos nas encostas do vale do rio Jaguaribe e de seus afluentes, bem como nas falésias localizadas entre o médio e baixo curso fluvial e no topo dos tabuleiros. A deposição de idade Holocênica predominante na área de estudo ocorre sobre a Formação Barreiras, representando a ocorrência de colúvio, aluvião, sedimentação fluvial e fluviomarinho. Segundo Araujo (2012), essas feições são de difícil individualização no campo, o que dificulta bastante seu mapeamento. O autor cita como exemplo o caso dos sedimentos da planície fluviomarinho, formada por material de origem fluvial e marinho, como também no caso das áreas periféricas da planície fluvial, onde na maioria das vezes as aluviões se misturam ao colúvio de modo indistinto.

Com base em Oliveira (2001), as áreas de encostas, o fundo dos vales, os terraços fluviais, as lagoas e as depressões são compostas por sedimentos de composição heterogênea, argilo-arenosos, argilosos, siltosos, orgânicos e grosseiros incluindo seixos rolados. A sedimentação de granulação fina (silte e argila)

associada a material de origem orgânica está associada às pequenas depressões pantanosas, assim como em boa parte da planície aluvial da restinga onde se localiza a antiga desembocadura do rio Jaguaribe.

Com relação aos aspectos geomorfológicos, a bacia do rio Jaguaribe encontra-se inserida no contexto dos baixos planaltos costeiros ou Tabuleiros litorâneos, predominantes na faixa litorânea do estado da Paraíba. Além dessa unidade morfológica, destaca-se a ocorrência da planície fluvial e fluviomarinho, das falésias e das vertentes que cortam o vale fluvial. Outro aspecto importante a se destacar é a presença de concreções lateríticas em camadas de sub-superfície, promovendo a impermeabilização das camadas subjacentes, sendo assim responsável pela formação de aquíferos, originando diversas ressurgências e fontes de água, popularmente conhecidas como “bicas”.

Os tabuleiros se desenvolvem sobre a Formação Barreiras e sua origem sedimentológica está relacionada ao intemperismo e a erosão sofrida pelo embasamento cristalino do planalto da Borborema, que se localiza mais para o interior do continente. A matriz desses sedimentos é representada pelos granitos, xistos e gnaisses.

As cabeceiras de drenagem originam entalhes profundos em forma de anfiteatro, ocorrendo de modo mais evidente na área próxima a nascente do rio Jaguaribe, bem como na margem esquerda do rio Timbó, afluente do Jaguaribe (Melo et al, 2000).

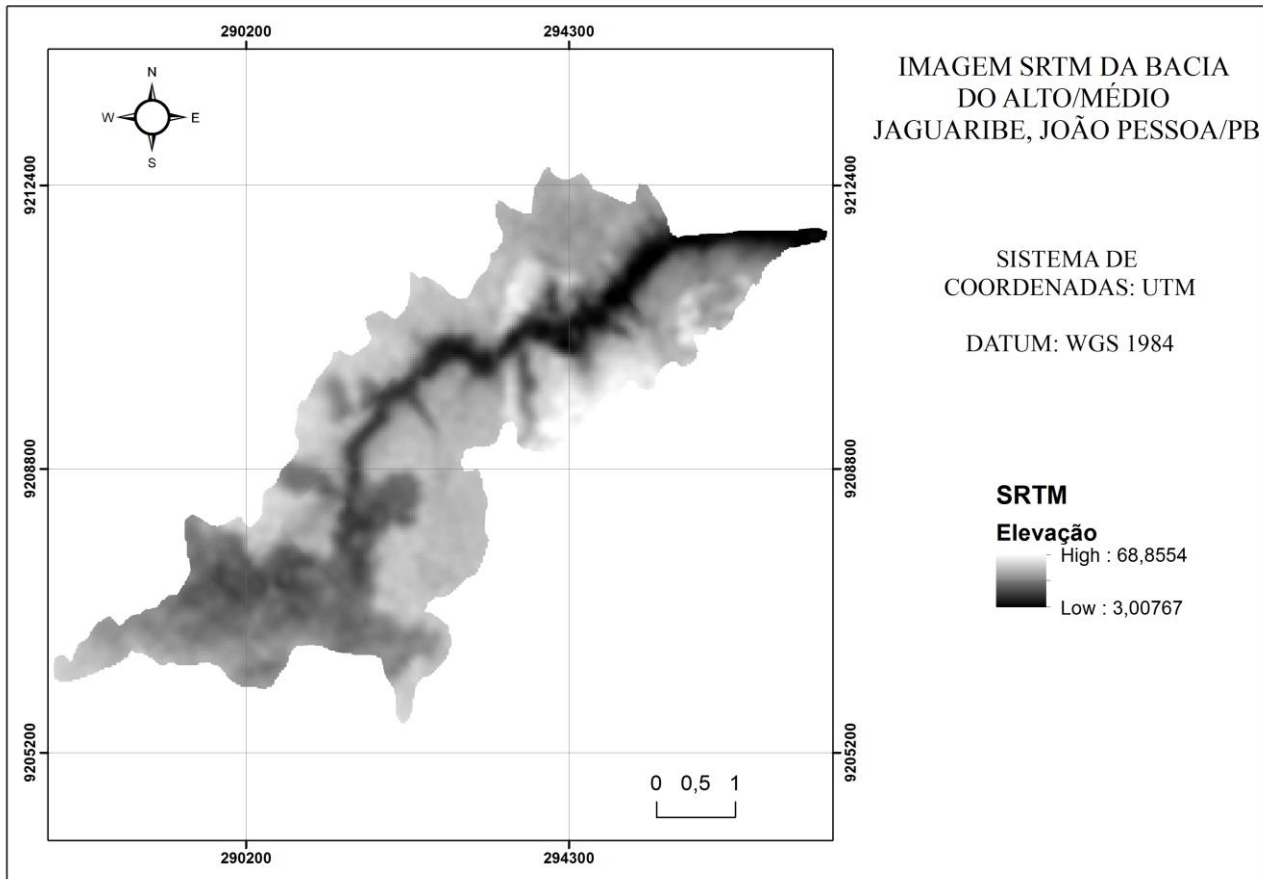
Ainda no contexto dos tabuleiros litorâneos, ressalta-se a ocorrência de dolinas, representadas pelas lagoas localizadas na área das três lagoas, no bairro de Oitizeiro, a Lagoa da Granja e a lagoa do Buracão no Conjunto Cidade dos Funcionários I. Essas depressões apresentam formas circulares ou ovaladas que estão geralmente associadas à dissolução topográfica coadjuvada por fenômenos cársticos de subsuperfície (Melo et al, 2000). A origem dessas dolinas é resultado da dissolução do calcário realizado pela infiltração de água na rocha, favorecida por sua forma de estratificação sub-horizontal, não muito pronunciada, grosseira, formando massa compactada, apresentando fraturas e dissolução subterrânea (Lummertz, 1977 apud Furrier e Vital, 2011).

É importante destacar a classificação desse relevo cárstico que ocorre na área de estudo realizada por Vital (2015). Segundo o autor, as dolinas formadas pelas três lagoas, não constituem uma bacia fechada, pois estas apresentam ligação direta com a bacia do rio Jaguaribe, configurando-se como a sua verdadeira nascente. O mesmo autor aponta ainda a hipótese de algumas dessas lagoas constituírem antigos cursos d'água abandonados, por se localizarem muito próximo a calha fluvial do referido rio, como no caso da Lagoa da Granja.

## **2. METODOLOGIA**

O presente trabalho adotou como base metodológica a análise areal de bacias hidrográficas, proposta por Christofolletti (1980), o qual está baseado nas medições planimétricas e lineares.

As informações referentes à bacia hidrográfica, tais como: delimitação, perímetro, quantidade e comprimento dos canais, e área, foram extraídas dos dados SRTM (Figura 2) em ambiente SIG (sistema de informação geográfica), no software Global Mapper 15 e no Arcgis 10.2.



**Figura 2:** Imagem SRTM referente à área de estudo.

De posse desses dados, foi possível calcular cada índice morfométrico proposto por Christofolletti (1980).

A respeito da densidade de drenagem, Maia et. al (2009) explica que a mesma varia diretamente com a extensão do escoamento superficial, fornecendo indicação a respeito da eficiência da drenagem natural de uma bacia. Também afirma que bacias bem drenadas tendem a estar mais sujeitas a cheias e alagamentos. Esse índice está relacionado às características climáticas e o comportamento hidrológico de uma área. Nas rochas de menor permeabilidade há favorecimento ao processo de escoamento superficial, gerando canais fluviais bem esculturados e bem dissecados. Em rochas mais permeáveis, o processo de infiltração diminui o escoamento superficial, ocorrendo, portanto, a formação de canais mais longos e menos dissecados. A densidade de drenagem pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

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

Onde,  $L_t$  = comprimento total de todos os canais e  $A$  = área de drenagem.

O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia hidrográfica a um círculo. Cardoso (2006) define que quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Valores próximos a 1 indicam bacia mais circular e mais suscetíveis a enchentes, pois tendem a concentrar o escoamento superficial em um trecho pequeno do rio principal (De Oliveira, et.al., 2010). Esse índice pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde  $K_c$  é o coeficiente de compacidade,  $P$  = Perímetro da bacia em (m) e  $A$  = área da bacia em ( $m^2$ ).

O fator forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão) e fornece um indicativo estrutural, a respeito da geologia da bacia (Cardoso et al. 2006). Essa interferência pode determinar a velocidade da água, pois leitos rochosos promovem uma maior velocidade do fluxo. Esse tipo de leito rochoso está normalmente associado a áreas bastante dobradas (CHRISTOFOLLETI, 1981). Uma bacia com fator forma baixo é menos propensa a enchentes que outra de mesma área, porém com fator forma maior. Esse índice pode ser obtido a partir da seguinte fórmula:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde  $A$  = área de bacia e  $L$  = comprimento do eixo da bacia.

O índice de circularidade estabelece valores próximos a 1 que indicam bacias mais abertas (circulares), com menor probabilidade de sofrer com enchentes, e valores maiores que 1, indicam bacias mais estreitas, onde há maior chance de ocorrência de enchentes. Pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$I_c = 12,57 * \frac{A}{P}$$

Onde  $A$  = área da bacia e  $P$  = perímetro da bacia.

### 3. RESULTADOS

Os índices coletados a partir do processamento da imagem SRTM estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1.** Dados referentes à análise morfométrica da bacia.

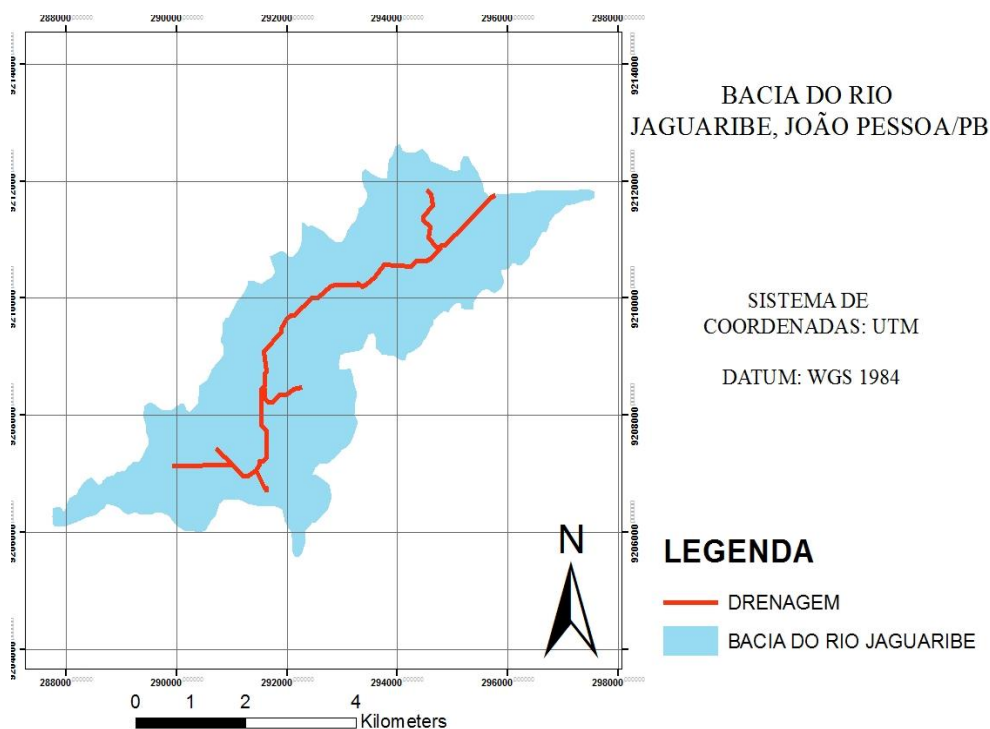
<b>Dados morfométricos da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe</b>	
<b>Índice de circularidade</b>	0,637
<b>Fator forma</b>	1,96
<b>Coefficiente de compacidade</b>	2,03
<b>Densidade de drenagem</b>	2,06

Tomando por base o índice de circularidade apresentado, podemos considerar que a bacia do alto/médio Jaguaribe apresenta relativa susceptibilidade a enchentes e alagamentos em condições pluviométricas consideradas normais. Bravo e Santil (2013) afirmam que valores menores do que 1, indicam bacias mais estreitas, alongadas, nas quais há maior expectativa da ocorrência de enchentes.

Em contrapartida, a baixa densidade de drenagem e o coeficiente de compacidade afastado da unidade 1,0 referente à bacia, amenizam a tendência de ocorrência de enchentes demonstrada pelo índice de circularidade.

A drenagem da referida bacia hidrográfica é classificada como padrão dentrítico, segundo a classificação da hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952) apud Christofolletti (1980).

Desse modo, a bacia do rio Jaguaribe, apresenta 05 (cinco) canais de 1º ordem, 01 (um) canal de 2º ordem e 01 (um) canal de 3º ordem, que corresponde ao canal principal, com extensão aproximada total dos canais de 45 km (Figura 3).

**Figura 3:** Sistema de drenagem da bacia do alto/médio Jaguaribe.

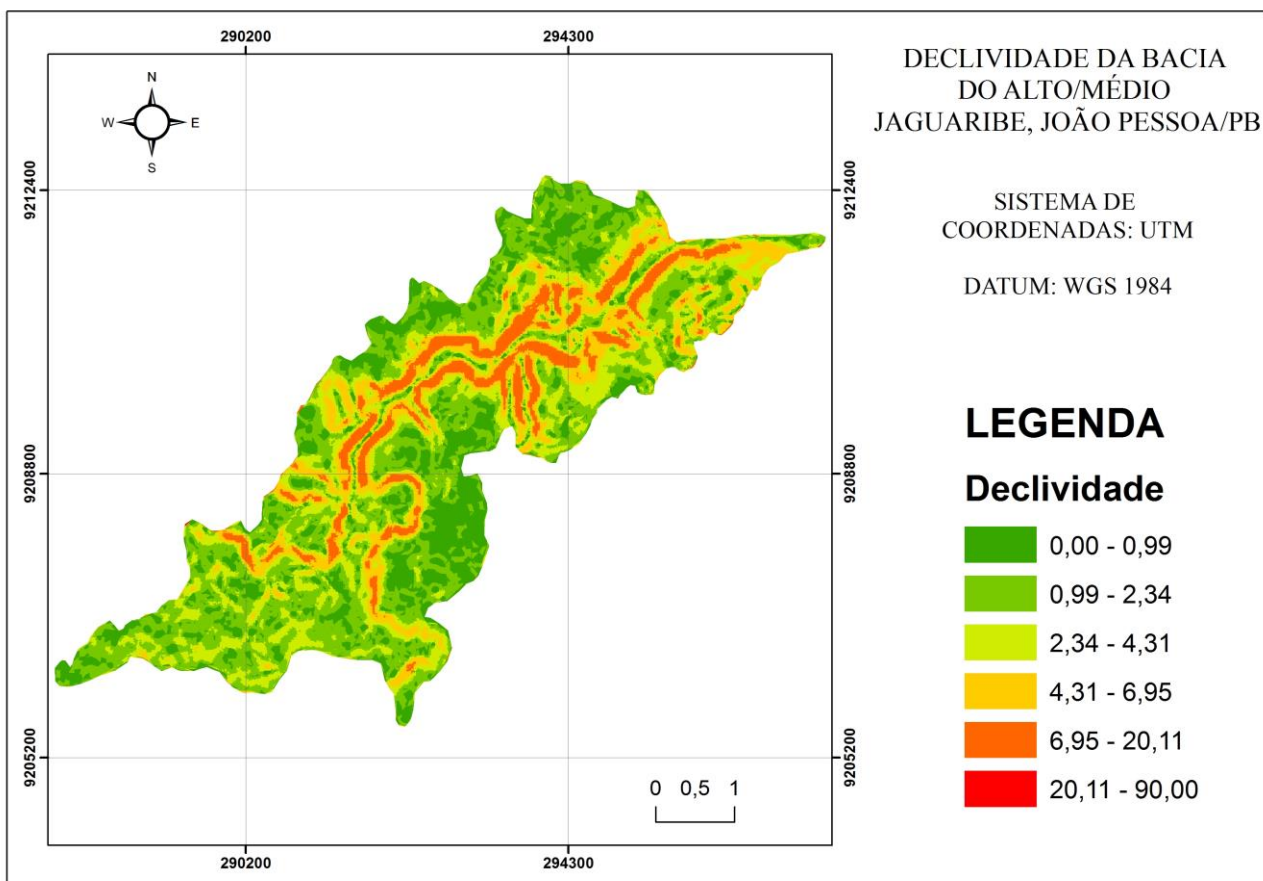


## Análise da declividade

A partir da análise da declividade percebe-se que a bacia analisada apresenta predominância da classe 0,00 – 0,99 nas áreas caracterizadas como topo de tabuleiros, e da classe 20,11 – 90,00 nas áreas de intersecção dos tabuleiros com os vales fluviais, caracterizando um relevo relativamente ondulado, dissecado por vales fluviais de baixa densidade de drenagem.

Percebe-se, portanto, que a presença de vertentes com até 20 graus de inclinação aumenta a suscetibilidade à erosão. Este fator, atrelado à ausência vegetação em algumas faixas e à elevada energia do escoamento superficial, provocada pela forma com ocorre o uso do solo, tem provocado o intenso transporte de sedimentos para o canal do rio, provocando o assoreamento, fato provável gerador da maioria das ocorrências de alagamentos e enchentes.

Outra questão perceptível a partir da declividade diz respeito à topografia da bacia na região da nascente, que apresenta vertentes bastante suaves, quase totalmente plano e, a partir do seu médio curso, passa a apresentar vertentes com certo grau de inclinação, potencializando os riscos de movimento de massa.

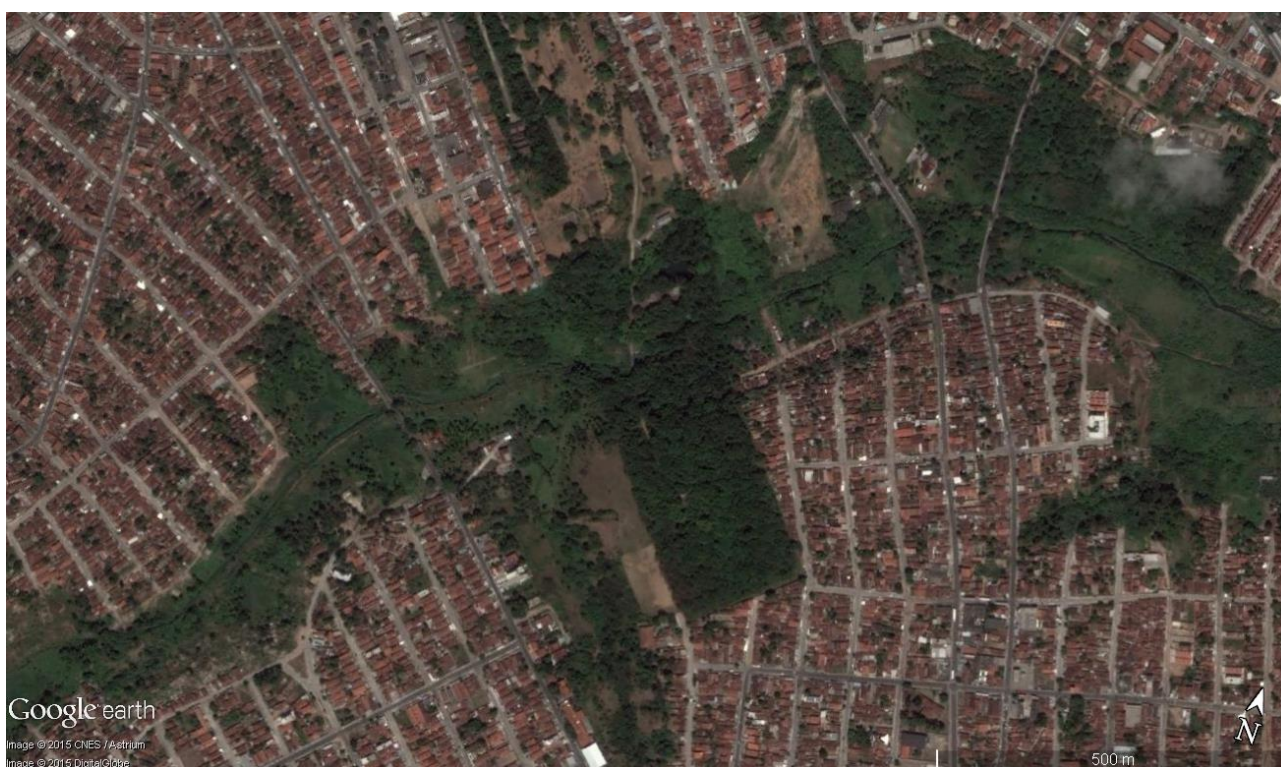


**Figura 4:** Mapa de declividade da bacia do alto/médio Jaguaribe.

#### 4. DISCUSSÃO

A análise de tais parâmetros leva a inferir que os problemas ligados à ocorrência de alagamentos e enchentes no interior da bacia do alto/médio Jaguaribe estão intrinsecamente relacionados às características do uso e ocupação do solo.

Desse modo, a ocorrência de tais eventos está possivelmente associada a três fatores: a impermeabilização do solo em quase toda a extensão da bacia; a ausência de infraestrutura adequada em construções de moradias subnormais, resultando no assoreamento da calha fluvial; e a construção de uma barragem localizada no interior da mata do buraquinho (Figuras 4 e 5).

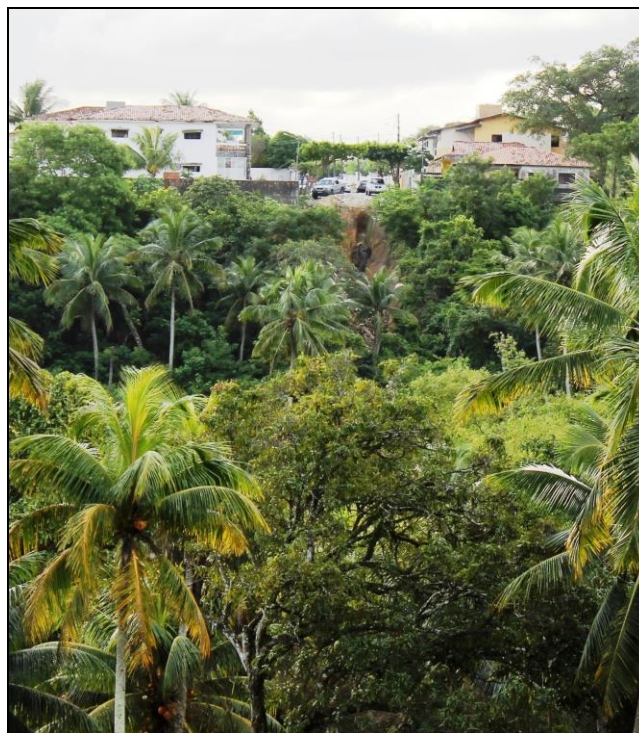


**Figura 5:** Processo de urbanização nos entornos da bacia do alto/médio Jaguaribe, nas imediações do bairro de Cruz das Armas, João Pessoa (PB). Fonte: Google Earth.

A ocupação urbana na bacia se dá de modo heterogêneo, ocorrendo áreas de alto e médio padrão imobiliário e valor comercial, onde predomina forte processo de impermeabilização do solo e o consequente aumento do escoamento superficial, associado à ausência de mata ciliar, favorecendo assim o aumento da erosão nas margens fluviais; e áreas de baixo padrão, inseridas nas bordas dos tabuleiros, nas encostas e na planície fluvial, que se caracteriza por ser um tipo de ocupação que normalmente não apresenta infraestrutura adequada, marcada pela construção de sistemas de drenagem clandestinos, lançamentos de esgotos e efluentes e, a construção de fossas negras.

Essa situação favorece a formação de pequenas incisões erosivas no solo (sulcos e ravinas), e até de incisões profundas como as voçorocas, o que resulta no aumento da carga de sedimentos carreados para a calha fluvial e o consequente assoreamento.

Outro aspecto que promove à erosão das margens fluviais consiste na construção de pavimentação nas vias apenas na porção interfluvial localizada entre o divisor de águas e a porção somital da vertente que compõe o vale fluvial. O escoamento superficial é potencializado pela redução quase total da infiltração, aumentando o poder erosivo das águas pluviais, que entram em contato com o solo desnudo nas vertentes, o que resulta na formação de diversas feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas) ao longo do curso fluvial (Figura 6).



**Figura 6:** Ocorrência de ravina em vertente do rio Jaguaribe, localizada no bairro de Cruz das Armas, João Pessoa (PB). Notar as residências na parte superior da vertente e a ocorrência de incisão erosiva (ravina).

A construção de um barramento no canal fluvial, como a barragem existente na área de estudo, representa um fator potencial para a alteração da dinâmica natural de uma bacia. Esses efeitos são verificados tanto a montante, como a jusante do barramento.

Os impactos a montante são representados pela deposição de sedimentos decorrentes da redução da velocidade do fluxo, resultando no assoreamento do reservatório. O interior do reservatório será amplamente afetado pelo assoreamento, tendo em vista que o barramento será o fator preponderante no processo de deposição sedimentar. Essa situação ocasionará, no decorrer do tempo, na diminuição da capacidade de armazenamento do reservatório. A jusante, os efeitos imediatos decorrem da redução da carga de sedimentos efluentes do reservatório, promovendo erosão.

As margens fluviais encontram-se fortemente ocupadas por habitações irregulares em quase toda sua extensão, resultando quase que total inexistência de mata ciliar, exceto na área de que corresponde a mata do Buraquinho, pois esta se enquadra atualmente como uma unidade de conservação de uso integral.

Outra ação antrópica relevante a ser destacada se refere a um desvio do canal principal entre os bairros São José e Manaíra na década de 1930 do século XX, mudando seu curso para o rio Mandacaru, afluente do rio Paraíba do Norte. Desse modo, a área do canal localizada no baixo curso fluvial foi desligada do canal principal e, posteriormente foi retificada, perdendo assim sua competência erosiva, pois não chega a romper os cordões litorâneos e lançar suas águas no mar, encontrando-se em sua foz apenas a formação de uma pequena lagoa.

Tais fatores podem estar diretamente associados a mudanças na dinâmica natural da bacia, resultando na geração de eventos como as enchentes e alagamentos, ocorrendo normalmente no período de maior pluviosidade, carecendo, portanto, de estudos mais aprofundados, no intuito de apontar a partir de dados mais descritivos, a real situação da bacia frente às ações impetradas pelas atividades humanas.

## 5. CONCLUSÕES

Os eventos de alagamentos e enchentes que ocorre na bacia do alto/médio Jaguaribe estão possivelmente relacionados aos efeitos consequentes das ações humanas sobre esse espaço, representadas pela impermeabilização do solo; pela ocupação desordenada e irregular de residências; pela retirada de vegetação ao longo das margens fluviais, pela ausência de um sistema de drenagem dos efluentes domésticos que direcione o fluxo de modo coerente com as características da bacia e, pela construção de um barramento (barragem).

A ocupação urbana de baixo padrão nas áreas ribeirinhas atua como fator potencializador de tais situações, tendo em vista a naturalidade das cheias sazonais que ocorrem nos canais de drenagem em seu baixo curso. Devido a esta questão, a referida bacia hidrográfica encontra-se fortemente impactada pelos diferentes formas de ocupação do solo e necessita de estudos geográficos detalhados visando uma melhor gestão ambiental da área, frente aos inúmeros problemas de ordem ambiental que aí ocorrem.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, R. L. **Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com Distúrbios Ondulatórios de Leste**. São José dos Campos. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1997.
- BESSA JÚNIOR, O.; DOUSTDAR, N. M.;CORTESI, L. A. **Vulnerabilidade de municípios do Paraná aos riscos de desastres naturais**. Caderno IPARDES, vol. 1, n. 1, 2011.
- BRAVO, J.V.M.; SANTIL, F.L.P. (2013). **Avaliação dos índices morfométricos de informações extraídas de cartas topográficas e implicações para a leitura do risco a enchentes**. Revista Brasileira de Cartografia. V.65. p. 939 -949. (2013).



- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ**. Revista Árvore, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2.º ed, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**, Vol - 1. São Paulo, Edgard Blücher, 1981.
- GERSTENECKER, C.; LÄUFER, G. L.; STEINECK, D.; TIEDE, C.; WROBEL, B. **Validation of digital elevation models around Merapi Volcano, Java, Indonesia**. Natural Hazards and Earth System Sciences, v.5, p.863-876, 2005.
- LEITE, M. E.; ALMEIDA, J. W. L.; SILVA, R. F. **Geotecnologias aplicadas à extração automática de dados morfométricos da bacia do Rio Pacuí/MG**. Revista brasileira de cartografia. V. 64/65. P. 677-691. (2012).
- MAIA, P. H. P.; CRUZ, M. J. M.; SAMPAIO, M. C. **Zoneamento dos aquíferos do Estado da Bahia**. Brazilian Journal Aquat. Sci. Technol., v. 13, n. 1, p. 45-52, 2009.
- MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, V. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. **Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, V. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.
- OLIVEIRA, F. B. **Degradação do meio físico e implicações ambientais na Bacia do Rio Jaguaribe – João Pessoa – PB**. 2001. 93f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Geociências, CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.
- SANTOS, P. R. A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. **Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia**. Revista Brasileira de Cartografia, v.58, n.1. p.101-107, 2006.
- SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. Geological Society of America Bulletin, v.67, n.5, p.597-646, 1956.
- STRAHLER, A.; STRAHLER, A. **Geografía física**. Barcelona. Ediciones Omega. 3ª ed.1989.
- YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. **Tropical cloudiness over South Atlantic Ocean**. J. Meteor. Soc. Japan, v.55, n.2, p.205-207, 1977.
- ULTRAMARI, C.; HUMMELL, B. M. L. **Espacializações das vulnerabilidades socioambientais no sul brasileiro**. REDES, vol.15, n.1, 2010.

---

Recebido em: 10/03/2015

Aceito para publicação em: 01/06/2015