

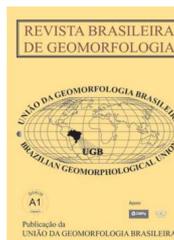


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 1 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1064>



A GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA E A RELAÇÃO USO DA TERRA COM O RISCO GEOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB

THE ANTHROPOGENIC GEOMORPHOLOGY AND THE RELATIONSHIP BETWEEN LAND USE AND GEOLOGICAL RISKS IN JOÃO PESSOA MUNICIPALITY – PB

Tamires Silva Barbosa

*Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba
Cidade Universitária, s/n, João Pessoa, Paraíba. CEP:58051-900. Brasil
Email: mires.ufpb@gmail.com*

Max Furrier

*Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba
Cidade Universitária, s/n, João Pessoa, Paraíba. CEP:58051-900. Brasil
Email: max_furrier@hotmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
16/04/2016
Aceito (Accepted):
07/03/2017

Palavras-chave:

Geomorfologia do Tecnógeno;
Antropoceno; Urbanização.

Keywords:

Technogenic Geomorphology;
Anthropocene; Urbanization.

Resumo:

Este trabalho objetiva analisar a correlação entre a configuração do relevo e o uso do solo no município de João Pessoa. A urbanização efetuada sobre diferentes modelados e substratos geológicos adquire características particulares, tanto físicas quanto sociais. Foram utilizados como principais procedimentos metodológicos a vetorização de cartas topográficas que abarcam o município de João Pessoa, para geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT) e o mapeamento de uso de solo. Para este último, os dados foram atualizados com base em fotografias aéreas e trabalhos de campo. O mapa de declividade do município também foi elaborado e correlacionado com o uso do solo e MDT para a identificação das regiões de alta declividade que permanecem ocupadas.

Abstract:

This work aims to analyze the correlation between the relief configuration and the land use in the municipality of João Pessoa. The Urbanization carried out on diverse relief forms and geological substrates acquires particular characteristics, both physical and social. The main methodological procedures were the vectorization of topographic charts which has the coverage of the João Pessoa municipality, for the generation of Digital Terrain Models (DTM) and the land use mapping. In addition, the data were updated based on aerial photographs and field work. The declivity map was also elaborated and correlated with the land use and DTM for the identification of the regions of high slope that remains occupied.

Introdução

Este trabalho aborda a Geomorfologia Antropogênica e Urbana do município de João Pessoa, enfocando as áreas de risco geológico presentes. João Pessoa é capital do Estado da Paraíba, município em forte processo de expansão urbana sobre Tabuleiros Litorâneos e fundos de vales fluviais. Desta forma, objetiva-se correlacionar a urbanização sobre formas de relevo inapropriadas para tanto, com a geração de acidentes geológicos.

A importância da humanidade como um agente geomorfológico é indicada pelo fato de que pelo menos um terço da superfície da Terra continental (149 milhões de km²) pode ser considerado como local de atividades geomorfológicas antropogênicas diretas ou indiretas (RÓZSA, 2010), seja por meio da urbanização ou até mesmo de práticas agrícolas.

Os estudos que apontam o homem como agente ativo na esculturação do relevo terrestre têm sido ampliados recentemente. Peloggia *et al.* (2014), aponta que os efeitos geomorfológicos causados pela humanidade podem ser qualitativos, de forma direta ou indireta, quando o homem é agente criador de novas formas de relevo, ou quantitativo, como um agente comparável em capacidade em relação aos fenômenos de ordem natural, muitas vezes ultrapassando os efeitos destes últimos.

Conforme relata Szabó (2010), as atividades antropogênicas diretas e indiretas levam a consequências claramente reconhecíveis. Numa forma simplificada, o sistema de impactos que as atividades antropogênicas podem causar, baseia-se nas seguintes diferenças:

1. Processos antrópicos diretos:

- Formação de relevos deposicionais;
- Formação de relevos denudacionais;
- Alterações hidrológicas e de cursos de rios.

2. Processos antrópicos indiretos:

- Aceleração da erosão e sedimentação;
- Subsidência;
- Ruptura de talude;
- Terremotos desencadeados pela ação humana, entre outros.

As formas resultantes de processos antropogênicos diretos são mais facilmente reconhecidas no terreno, elas tendem a demonstrar com obviedade a sua origem e são produzidas frequentemente deliberadamente. São

exemplos as formas produzidas por atividades de construção civil, escavação, interferências hidrológicas, etc. Os processos antropogênicos indiretos são mais difíceis de ter sua origem reconhecida, pois, geralmente, não se tratam de novos processos geomorfológicos sendo criados, e sim da aceleração ou alteração de processos geomorfológicos naturais (GOUDIE, 1993).

Estas classificações das formas de relevo antropogênicas baseadas em ações antropogênicas diretas e indiretas são consideradas as mais simples, e são utilizadas também por Brown (1971), Vita-Finzi (1993), Goudie (1994) e Goudie e Viles (2010). Entretanto, uma nova proposta de classificação é apresentada em Peloggia *et al.* (2014), considerando não apenas as formas tecnogênicas, mas também os processos tecnogênicos, e todos os tipos de formações superficiais criadas, direta ou indiretamente, sob a influência do homem como agente geológico, inclusive os depósitos tecnogênicos.

Assim, o escopo da geomorfologia antropogênica não inclui somente o estudo de formas de relevo produzidas pelo homem, mas também investiga as alterações da superfície terrestre induzidas pelo homem, os fenômenos que podem perturbar o equilíbrio natural do Geossistema, bem como a formulação de propostas a fim de evitar impactos nocivos (SZABÓ, 2010).

O termo geomorfologia antropogênica e sua definição pode ser encontrado em Nir (1983) que originalmente propôs o termo antropogeomorfologia, e em Rodrigues (2005), que em concordância com este e outros autores, traz orientações básicas sistematizadas e propostas, das quais destaca-se a adequação generalizada da utilização das ferramentas clássicas da geomorfologia, como a cartografia geomorfológica, também para a abordagem das ações antrópicas ao longo do tempo e do espaço e para o dimensionamento das mudanças no ambiente físico por elas geradas.

Rodrigues (2005) faz o mapeamento da geomorfologia antropogênica da Região Metropolitana de São Paulo, considerando a morfologia original e a morfologia antropogênica, utilizando das técnicas de Nir (1983), que considera os períodos de construção das cidades em três etapas: período pré-urbano ou pré-intervenção morfológica; período de construção ou fase de perturbação ativa; e período urbano consolidado ou pós-perturbação.

Em relação ao processo de construção das cidades e seus aspectos geomorfológicos pode-se utilizar a

Geomorfologia Urbana que está dentro dos estudos do antropogênico. A urbanização é um dos principais meios que o homem tem para modificar o relevo e o meio natural transformando-os em novos espaços com características diferenciadas das que a existiam na pré-urbanização. As consequências geomorfológicas mais frequentes da urbanização segundo Csima (2010), são: a modificação de drenagens, com alteração nos processos e formas de relevo das mesmas; impermeabilização dos terrenos e consequentes enxurradas; processos geomorfológicos urbanos desfavoráveis, como a erosão de vertentes e emergentes movimentos de massa, entre outros.

Hooke (1994, 2000, e 2012) relata acerca da ação humana na superfície da Terra ao longo do tempo. Ele enfoca que o homem tem sido agente ativo na movimentação dos materiais inconsolidados em taxas que sobrepujam os processos naturais de movimentação de massa, indicando aceleração eminente de erosão. Além dessa alteração na movimentação de solo e rochas, o homem tem influenciado ativamente em processos climáticos e ambientais, como aponta Ruddiman (2015), e também interferem nos processos geomorfológicos. Em Merritts *et al.* (2014) constata-se que nossa espécie tem deixado marcas na superfície da Terra, trazendo mudanças de magnitudes tais que até se pode considerar em grande parte da comunidade científica, que entramos em uma nova época do tempo geológico: o Antropoceno.

O Antropoceno está relacionado ao novo período do tempo geológico, descrito em Ter-Stepanian (1983) como Quinário (pós-Quaternário), e sua época correspondente: o Tecnógeno, que se refere às mudanças geológicas resultantes de ação humana pós Revolução Industrial, formando depósitos sedimentares com características antropogênicas, que são os depósitos antropogênicos. Podem ser encontrados vários termos que indiquem este período: Antropoceno, Antropozóico, Noozóico, Tecnógeno, entre outros (Rull, 2016).

O homem como agente geológico existiu desde o tempo Quaternário, e tem alterado a superfície da Terra desde seu aparecimento no planeta, porém, ele não pode mais ser reconhecido como “homem quaternário”, pois as superfícies de origem quaternárias vêm sendo transformadas extensivamente em novos tipos de terrenos artificiais que consistem nos depósitos tecnogênicos que configuram novas paisagens e novas formas de relevo, que são os relevos tecnogênicos (OLIVEIRA & PELOGGIA, 2014).

Peloggia vem desenvolvendo, em seus trabalhos, a teoria do relevo tecnogênico (PELOGGIA, 1996; 1997; 1998; 1999; 2003; 2005), para ele, um dos aspectos mais significativos da ação do homem sobre a superfície da Terra é a modificação do relevo. Esta ação aparece como a expressão resultante da modificação ou neocriação de processos morfoesculturais e de seus depósitos correlativos.

A modificação do relevo pela ação humana trará consequências, pois existe aí a perturbação do equilíbrio do meio em que o homem interfere. Nas áreas urbanas, onde ocorrem as maiores modificações podem ser desencadeados diversos problemas ambientais, dentre eles, os riscos e acidentes geológicos.

O risco geológico é tido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de determinado processo geológico, induzido ou não. Na cidade, as situações que podem indicar risco são principalmente: taludes de corte muito inclinados em maciços de rocha ou solo; presença de depósitos tecnogênicos em encostas; sistemas de drenagem precários; retirada de vegetação nativa; acúmulo de lixo em local de circulação de águas superficiais; ocupação de margens de rios; construções em áreas de declividades acentuadas, entre outros.

Caracterização da Área de Estudo

O município de João Pessoa está localizado na porção centro-sul do litoral do estado da Paraíba, fazendo limites com os municípios de Cabedelo ao norte, Conde ao sul, Bayeux e Santa Rita a oeste, e com o Oceano Atlântico a leste (Figura 1). Ele se encontra na Mesorregião da Zona da Mata Paraibana e Microrregião de João Pessoa, tendo área total de 211,47 km² (Brasil, 2010).

O território do município tem a sua malha urbana dispersa sobre áreas de bacias hidrográficas, a exemplo do rio Gramame, ao sul, dos rios Paraíba/Sanhauá, a oeste, e na sua porção central da bacia do rio Jaguaribe/Timbó, que são intraurbanas, além das bacias secundárias, como as dos rios Cuiá, Jacarapé, Aratu e Cabelo.

A localização do município de João Pessoa se dá, em maior parte, sobre a unidade litoestratigráfica denominada de Formação Barreiras, constituída por sedimentos arenoargilosos pouco consolidados, que repousam de forma discordante, respectivamente de oeste para leste, sobre o embasamento cristalino pré-cambriano e sobre os sedimentos da Bacia Sedimentar Marginal da Paraíba (FURRIER *et al.*, 2006).

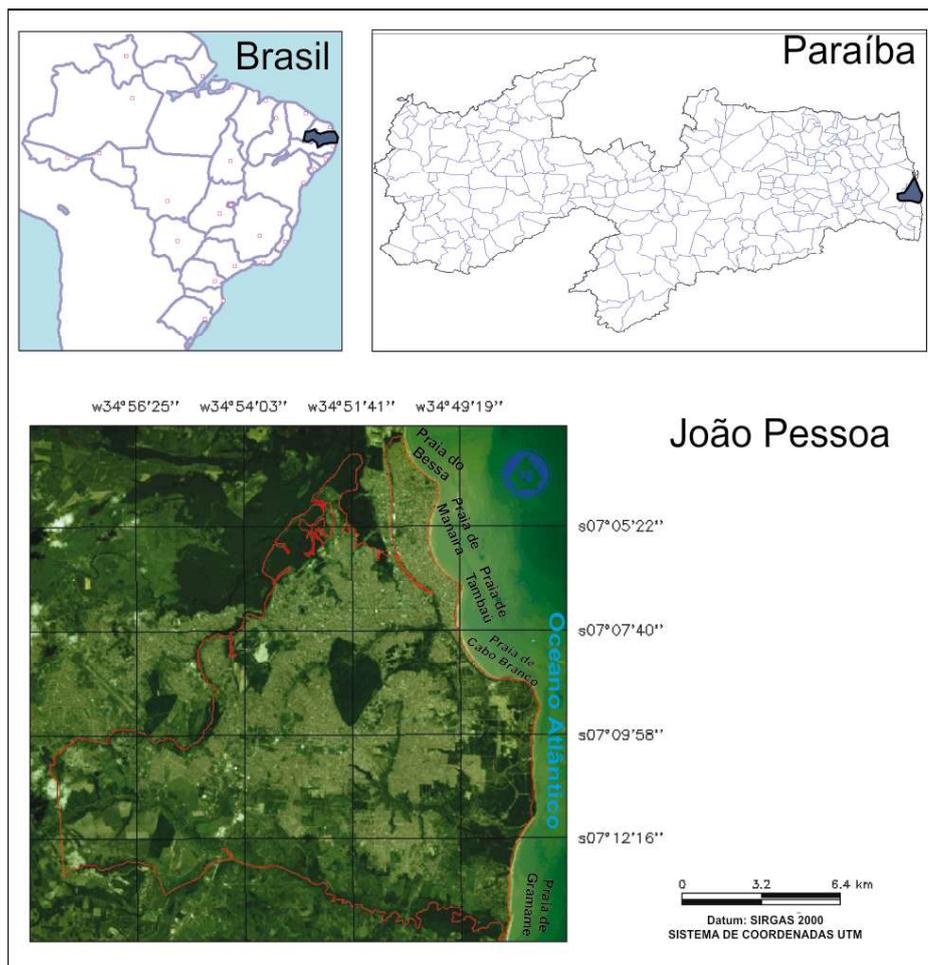


Figura 1 – Localização do município de João Pessoa. Fonte: Elaboração própria.

Quanto à geomorfologia, as principais unidades da área são os Baixos Planaltos Costeiros e a Baixada Litorânea. Os Baixos Planaltos Costeiros são superfícies tabulares que acompanham todo o litoral do Nordeste do Brasil, em extensão estimada de 8,42 milhões de hectares, eles estão esculpidos em grande parte sobre os sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras, apresentando como características uma topografia plana a suavemente ondulada, material sedimentar mal consolidado e de baixa altitude, com declividade média inferior a 10% (EMBRAPA, 1994).

A Baixada Litorânea, compartimento geomorfológico de acumulação de sedimentos, é composta pelas planícies fluviais, marinhas e intermareais, terraços e rampas de colúvio compõem as regiões adjacentes aos rios, praias e suas retaguardas, e representa 21% da área de estudo.

Corroborando com a classificação climática de Köppen fundamentada, principalmente, nos fatores de

temperatura e distribuição sazonal da precipitação, o município de João Pessoa encontra-se sob o domínio do clima Tropical Chuvoso, com estação seca de verão (As'). A ausência de períodos frios (temperatura < 18°C) e ventos predominantes de sudeste (quadrante 160°) são outras características marcantes desse tipo de clima (FURRIER, 2007).

Os solos dos Baixos Planaltos Costeiros e, por conseguinte, do município de João Pessoa são profundos e de baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2005). Isto se deve, entre outros fatores, ao clima e ao tipo de relevo da área. Devido à escala de detalhe utilizada nesta pesquisa, não há disposição de muitos dados que classifiquem de maneira pormenorizada os tipos de solos ocorrentes na área de estudo.

O município de João Pessoa foi construído sobre os domínios de vegetação da Floresta litorânea que existia em todo o litoral do Brasil, mas, que hoje se encontram apenas os resquícios da mesma em formas

de reservas isoladas. Segundo o Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica de João Pessoa (2012), esta floresta é componente do Bioma Mata Atlântica.

Procedimentos Metodológicos

O procedimento inicial consistiu no agrupamento de quatro cartas topográficas de escala 1:25.000 e equidistância das curvas de nível de 10 m, que abarcam toda a área do município de João Pessoa, que são as folhas Santa Rita, João Pessoa, Nossa Senhora da Penha e Mata da Aldeia (BRASIL, 1974), utilizadas como base cartográfica da pesquisa, por conterem informações espaciais e topográficas com grande nível de precisão.

Estas cartas topográficas foram digitalizadas, etapa que, segundo Fitz (2008), compõe um processo em que um produto como um mapa ou imagem é introduzido no computador através de um **scanner**, que fotocopia digitalmente o material por um procedimento de rasterização e, quando esta etapa é concluída, a imagem estará em formato **raster**.

Para transformar a imagem de formato **raster** para o formato vetorial foi necessária a vetorização das cartas topográficas digitalizadas. Nesse caso, foi empregado o procedimento da vetorização manual, que é aquele em que o operador tem total controle sobre o traçado estabelecido com o **mouse**, realizado em programa de extensão CAD.

Posteriormente, os produtos vetoriais foram importados em ambiente SIG, para a geração de grades regular e irregular, Modelo Digital do Terreno (MDT) e confecção de mapas temáticos de declividade e uso do solo. O SIG utilizado para a geração dos mapas foi o **software** Spring 5.2, que é um sistema de informações geográficas produzido e disponibilizado de forma gratuita no Brasil pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O processo de elaboração do mapa de declividade, no **software** Spring 5.2, consistiu em gerar, primeiramente, uma **Triangular Irregular Network (TIN)** e realizar o seu fatiamento, posteriormente, as classes de declividade foram criadas, variando de 0 a > 75% e atribuindo suas devidas cores. A definição das classes de declividades usadas neste trabalho foi baseada na proposta de EMBRAPA (2006), e são elas:

- **Relevo plano:** superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito

pequenos, com declividades variáveis $\leq 3\%$;

- **Relevo suave ondulado:** superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis $> 3\%$ a $\leq 8\%$;
- **Relevo ondulado:** superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis $> 8\%$ a $\leq 20\%$;
- **Relevo forte ondulado:** superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis $> 20\%$ a $\leq 45\%$;
- **Relevo montanhoso:** superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos a alinhamentos montanhosos, apresentado desnivelamento relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de $> 45\%$ a $\leq 75\%$; e
- **Relevo escarpado:** áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Para a elaboração da carta de uso e ocupação do solo do município de João Pessoa foram utilizadas imagens de satélite, fotografias aéreas e trabalhos de campo. As áreas de uso e ocupação foram vetorizadas destes materiais no software Spring 5.2 e, posteriormente, comparadas aos dados de campo. As classes utilizadas para esta carta foram: 1 – Área urbana; 2 – Área não urbanizada; 3 – Mineração de calcário; 4 – Mineração de Argila; 5 – Mangue; 6 – Mata Atlântica; e 7 – Mata Ciliar.

Resultados e Discussões

Sendo o sítio urbano de João Pessoa situado sobre substrato de camadas de rochas sedimentares da Formação Barreiras, em sua maior extensão, contando com 136,57 km² de sua área ou 67% do município, e sabendo também das altas taxas de pluviosidade anual que variam de 1400 a 1800 mm/a, pode-se relacionar o fato de que a geologia composta por rochas sedimenta-

res pouco consolidadas na área e as frequentes chuvas trazem um grande potencial para riscos de movimentos de massa em altas declividades.

A expansão da urbanização, e consequentemente, a impermeabilização do solo, altera a dinâmica do ciclo hidrológico natural, e as taxas de infiltração e escoamento de águas pluviais. Assim, há o predomínio e o aumento da taxa de escoamento e a diminuição da infiltração. Estes processos, associados às ocupações de vales de rios no município de João Pessoa, potencializam a ocorrência de acidentes geológicos relacionados às enchentes e inundações.

Declividade

O mapa de declividade (Figura 2) mostra a inclinação do terreno, indo de < 3 % a > 75%. Este mapa

é uma grande ferramenta para os estudos de caráter ambiental, tendo em vista que com a identificação das áreas de maior declividade pode-se inferir quais dessas áreas poderão potencialmente oferecer maiores riscos geológicos.

A maior parte do município de João Pessoa possui vertentes com declividades de < 3%, com 130km², o que caracteriza um típico relevo tabular com extensas áreas de topos aplainados e também amplos terraços e planícies marinhas, como ocorre em Ponta do Seixas, Cabo Branco, Tambaú, Manaíra, Jardim Oceania e Bessa. Todavia, são encontradas vertentes com elevadas declividades ao lado dos vales mais dissecados e nas falésias ativas e inativas que separam os bairros baixos descritos anteriormente, dos bairros altos, como: Portal do Sol, Altiplano, Miramar, Brisamar e João Agripino.

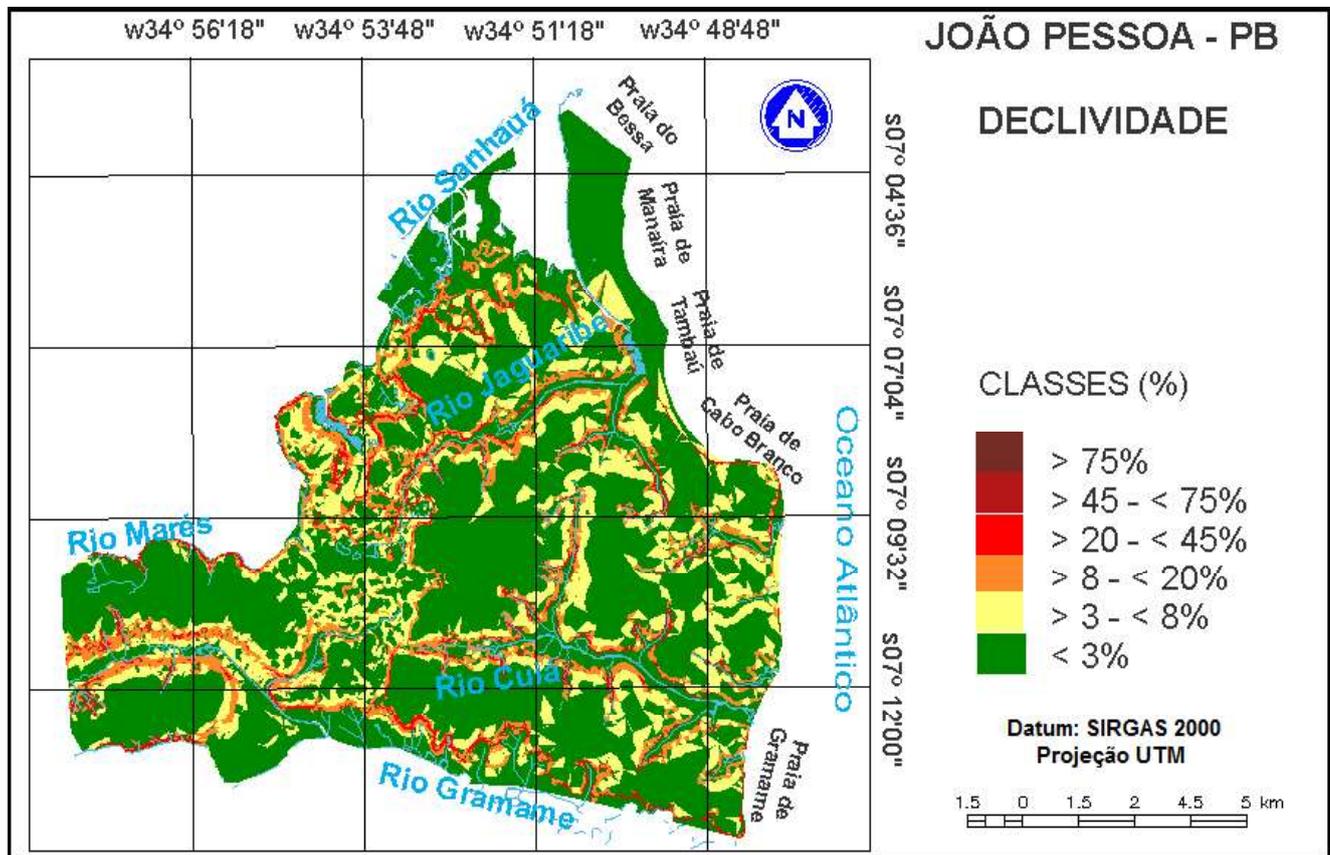


Figura 2 – Mapa de declividade do município de João Pessoa.

Fonte: Elaboração própria.

A falésia inativa que separa os bairros Brisamar e João Agripino do bairro São José, que se encontra num terraço marinho, vem sendo ocupada por pequenas habitações que potencializam o risco de movimentos de

massa que lá se apresentam por estar no sopé dessa falésia, cuja declividade verificada varia de > 45 a < 75%.

Através da análise dos dados de declividade gerados, também se pode avaliar a medida em porcentagem

das demais classes de declividade que abrange o município de João Pessoa. O resultado obtido é sintetizado na Tabela 1, onde se pode ver que a classe de maior abrangência corresponde a $< 3\%$, que ocupa 130 km^2 da área do município, que caracteriza bem as formas de relevo dos Baixos Planaltos Costeiros, tendo amplos topos planos ou semi-ondulados. A segunda classe mais abrangente é a de $> 3 - < 8\%$, ainda caracterizando topografia plana e favorável à urbanização, ela ocupa 38 km^2 . Outra classe com esta característica de topos de superfície pouco ondulada é a $> 8 - < 20\%$ que corresponde à $21,4 \text{ km}^2$ da área.

Tabela 1: Medida das classes de declividade em km^2

Classes (%)	Área (km^2)
$< 3\%$	130 km^2
$> 3 - < 8\%$	38 km^2
$> 8 - < 20\%$	21 km^2
$> 20 - < 45\%$	$6,4 \text{ km}^2$
$> 45 - < 75$	$0,7 \text{ km}^2$
$> 75\%$	$0,08 \text{ km}^2$
Área total classificada	197 km^2

Fonte: Elaboração própria.

As classes de declividade que possuem menor representação geográfica são as de $> 20 - < 45\%$, que ocupa $6,4 \text{ km}^2$, a de $> 45 - < 75\%$ que se limita a apenas $0,7 \text{ km}^2$ e a menor representação areal de declividade é a classe de $> 75\%$ de inclinação, que cobre $0,08 \text{ km}^2$ do município de João Pessoa. As áreas representadas por estas classes que vão além de 75% no município são as que se localizam nas vertentes dos rios mais encaixados, nos cortes de estradas, que são as vertentes antropogênicas e nas imediações das falésias.

Uso do Solo

O município de João Pessoa é caracterizado por sua extensa malha urbana sobre os topos dos Tabuleiros Costeiros, com urbanização chegando até as bordas de vertentes de vales de rios e falésias (Figura 3). A carta de uso e ocupação do município de João Pessoa mostra um território urbano que se mistura aos resquícios da vegetação original que é a Mata Atlântica. Além da Mata Atlântica outros tipos de vegetação estão presentes, como a mata ciliar e a vegetação de mangue.

Dentre os tipos de vegetação que estão representadas na área do município de João Pessoa, a Mata Atlântica possui as maiores extensões, com cerca de 21 km^2 , seguida da vegetação de mangue que possui aproximadamente 16 km^2 e em menos extensão apresenta-se a vegetação de margens de rios, denominada também de Mata ciliar, que conta com cerca de 14 km^2 da área do município de João Pessoa.

Quanto à área urbana, o município de João Pessoa possui cerca de 114 km^2 quadrados, voltando assim a apontar que a malha urbana predomina no município e cresce cada vez mais, fazendo com que os estudos físicos que se aproveitem ao planejamento urbano-territorial e ambiental sejam cruciais. A expansão urbana não planejada sobre terrenos de altas declividades e também sobre terrenos planos de baixa altitude, como os vales de rios, levam a intensificação dos acidentes geológico-geomorfológicos no município de João Pessoa.

Relação Declividade, Uso do Solo e Riscos

Os riscos relacionados à declividade em ambiente urbano estão intimamente ligados aos processos geomorfológicos tipicamente urbanos. Destes, os principais encontrados no município foram: as áreas de erosão acelerada; pontos de movimentos de massa causados por processos naturais e/ou induzidos pela ação antropogênica; e as áreas de ocorrência de inundação e alagamentos.

Foram relacionados os fatores ocupação **versus** tipos de formas de relevo. A forma com que o ser humano tem interagido com a topografia da área em que ocupa, seja em vertentes ou planícies, pode levar aos transtornos da ocorrência dos acidentes geológicos, que podem ser desastrosos ou não, dependendo do nível de risco em que determinada área se encontra.

O município de João Pessoa, que se caracteriza por ter topografia plana com apenas alguns trechos de áreas semicolinosas, abarca formas de planícies, superfície de tabuleiros e vertentes. Os principais riscos relacionados ao relevo do município e de sua ocupação são as inundações e alagamentos que acontecem em áreas de planície com baixas cotas de altimetria e os movimentos de massa que ocorrem nas vertentes das falésias, dos rios e dos cortes de estrada, áreas caracterizadas por terem altas declividades.

Os sistemas de drenagem precários em algumas comunidades; a retirada de vegetação nativa de vertentes para a sua ocupação; o acúmulo de lixo em local de circulação de águas superficiais e em rios; o estabelecimento de moradias localizadas em planícies de inundação de

rios; e as construções em áreas de declividades acentuadas são alguns dos fatores que acentuam os acidentes geológico-geomorfológicos no município de João Pessoa, uma área que representa bem todas estas condições é a comunidade do bairro São José (Figura 4).

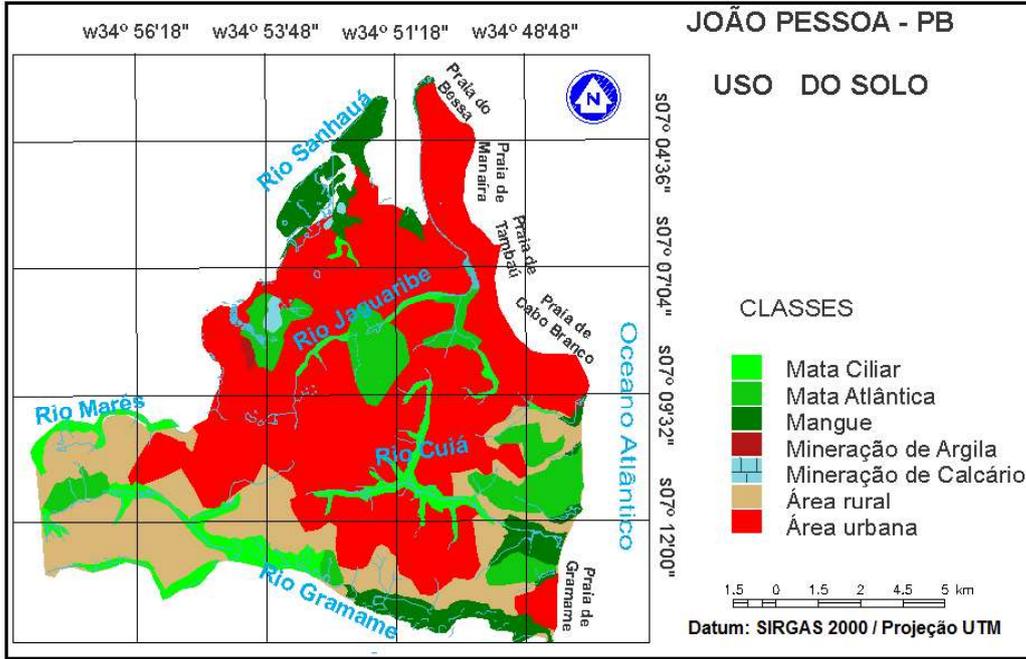


Figura 3 – Mapa de uso do solo do município de João Pessoa. Fonte: Elaboração própria.



Figura 4 – Falésia Inativa composta por Formação Barreiras no bairro Jardim Luna, e comunidade do bairro São José sobre sedimentos inconsolidados do Quaternário. Fonte: Elaboração própria (2015).

O bairro São José está localizado em terraços marinhos, às margens da jusante do rio Jaguaribe e no sopé de uma falésia inativa que está começando a ser ocupada. Os riscos que essa comunidade sofre vão desde a inundação da planície do rio Jaguaribe, os alagamentos das casas, adicionado à contaminação dessas águas pelo lixo jogado no próprio rio, facilitando a propagação de doenças de veiculação hídrica e os movimentos de massa que podem ocorrer graças ao desmatamento de trechos da falésia inativa para a sua ocupação. As inundações e alagamentos são comuns em vários trechos de rios do município de João Pessoa, pois os vales destes rios são ocupados pela população de baixa renda, que em geral, são os mais atingidos pelos acidentes geológico-geomorfológicos.

Segundo dados do relatório de ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa no município de João Pessoa, elaborado pela CPRM (BRASIL, 2013), existem vinte e dois setores considerados de risco alto e muito alto em função de sua ocupação e de fenômenos naturais, além de outros pontos que não se enquadram nas categorias de alto e muito alto risco, porém, oferecem algum risco.

Em linhas gerais, em João Pessoa, tem-se uma ocupação desordenada e irregular das margens do Rio Jaguaribe e alguns de seus tributários, além de alguns afluentes do Rio Paraíba. Essas áreas sofrem com frequência os efeitos das cheias e geram danos onerosos ao município. As encostas do tipo tabuleiro da Formação Barreiras também sofrem com ocupação desordenada e assentamentos precários. Estes ambientes geológicos aliados a uma infraestrutura básica deficiente são os responsáveis pela existência das áreas de risco, que são agravadas em ocasiões em que ocorre um grande acumulado de chuvas em um período de poucos dias (BRASIL, 2013).

As vinte e duas áreas de alto e muito alto risco identificadas pela defesa civil do município juntamente com a CPRM estão localizadas nos seguintes bairros: Brisamar; Cruz das Armas; Expedicionários; Miramar; Timbó; Cristo; Baixo Róger; Alto do Mateus; Jardim Planalto; Oitizeiro; Castelo Branco; Valentina; João Agripino; e Trincheiras. Nestes bairros, as áreas que apresentam risco de acidentes geológico-geomorfológicos estão classificadas em alto e muito alto risco, segundo os seguintes critérios:

1º – Critérios de classificação de risco de movimentos de massa:

Alto: observa-se a presença de significativa evidência de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.);

Muito alto: as evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas) são expressivas e presentes em grande número ou magnitude (BRASIL, 2013).

2º – Critérios de classificação de risco de inundações e alagamentos:

Alto: drenagens ou compartimentos de drenagens sujeitas a processos com alto potencial de causar danos, média frequência de ocorrência e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade;

Muito alto: drenagens ou compartimentos de drenagens sujeitas a processos com alto potencial de causar danos, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade (BRASIL, 2013).

Para melhor entendimento de quais locais estão sendo afetados pelos altos e muito altos riscos de acidentes geológico-geomorfológicos, será feita uma descrição detalhada dos vinte e dois pontos que apresentam riscos e quais os tipos de risco em cada um deles. A tabela 2 descreverá os pontos de ocorrência, o tipo de risco e o grau deste risco.

Como explanado anteriormente neste trabalho, o clima e, principalmente, as chuvas em João Pessoa, são fatores que evidentemente acentuam o risco e os acidentes geológicos, especificamente, os escorregamentos em encostas de origem sedimentar e as inundações e alagamentos em áreas ocupadas pela urbanização.

Um dos eventos de movimento de massa registrado no município de João Pessoa, que demonstra a grande responsabilidade climática e antropogênica sobre o relevo atual e sobre os acidentes geológico-geomorfológicos, foram as chuvas que ocorreram no mês de setembro do ano de 2014, que atingiram de forma enérgica um dos pontos registrados pela defesa civil como de muito alto risco (nº 18 - tabela 2), localizado na Rua Joaquim Pedro da Silva (BR-230), no bairro do Castelo Branco, proximidades do campus I, da Universidade Federal da Paraíba (Figura 5).

Tabela 2: Identificação das áreas de risco no município de João Pessoa.

	LOCAL (Bairro/Rua)	TIPOLOGIA	GRAU DE RISCO
1	Brisa Mar / Travessa Mauro Magalhães - Rio Jaguaribe	Inundação	Muito Alto
2	Cruz das Armas / Rua Osvaldo Lemos - Rio Jaguaribe	Inundação	Muito Alto
3	Expedicionários / Rua Agostinho Figueiredo - Rio Jaguaribe	Inundação	Muito Alto
4	Miramar / Av. Ministro José Américo de Almeida - Rio Jaguaribe	Inundação	Muito Alto
5	Brisamar - Manaíra / Rua Edmundo Filho - Rio Jaguaribe	Inundação	Muito Alto
6	Timbó / Rua Antônio Camilo dos Santos	Alagamento	Alto
7	Timbó / Rua Rosa Lima dos Santos	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
8	Timbó / Rua Antônio dos Santos	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
9	Cristo - Comunidade Pedra Branca / BR-230	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
10	Baixo Róger - Estação de Tratamento / Rua Severino José Nascimento	Alagamento	Alto
11	Alto do Mateus / Rua Cpto Ary Barroso	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
12	Jardim Planalto / Rua Marta Luz	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
13	Oitizeiro / Travessa Mario Magalhães	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
14	Cruz das Armas / Rua do Tambor	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
15	Castelo Branco / Rua Cônego João de Deus	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
16	Miramar / Rua São Vicente	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
17	Miramar / Av. Ministro José Américo de Almeida	Escorregamento Planar solo/solo; Enxurrada	Alto
18	Castelo Branco / R. Joaquim P. da Silva/ BR-230	Escorregamento Planar solo/solo	Muito Alto
19	Valentina / Rua Jorge de Barros Barbosa	Escorregamento Planar solo/solo	Alto
20	João Agripino / Rua Edmundo Filho	Escorregamento Planar solo/solo	Muito Alto
21	Trincheiras / Av. Saturnino de Brito	Escorregamento Planar solo/solo	Muito Alto
22	Trincheiras / Av. Saturnino de Brito	Escorregamento Planar solo/solo	Muito Alto

Fonte: Adaptada de Brasil (2013).



Figura 5 – Deslizamento na Formação Barreiras em vertente de corte de estrada na BR 230, bairro do Castelo Branco.

Fonte: Acervo fotográfico da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil / COMPDEC – JP (2014).

Este trecho se trata de uma vertente antropogênica de corte de estrada com declividade de mais de 75%, que se encontra com o topo ocupado por casas de alvenaria separadas da borda por uma caneleta de drenagem superficial danificada que, além da chuva, recebe constantemente águas servidas dos imóveis. O talude mostra feições erosivas em forma de sulcos e, para mitigar essa situação de risco de movimento de massa, esta área se encontra hoje coberta por uma camada de lona impermeável para impedir que a água continue infiltrando na vertente e diminuir, assim, os riscos de ocorrer novos acidentes de maiores magnitudes, envolvendo a perda de bens materiais e vidas humanas.

Ainda se tratando de áreas sujeitas à ocorrência de movimentos de massa no bairro do Castelo Branco, na área denominada por Brasil (2013) de número 15 (tabela 2) - Rua Cônego João de Deus, localizada na comunidade Santa Clara, onde existem duas vertentes separadas por talvegue, cujas bordas são ocupadas desordenadamente por edificações de alvenaria. Apesar

do trabalho de contenção de risco ter sido iniciado na área e terem sido inseridos gabiões para a drenagem, a população residente ainda lança águas servidas no talude da vertente, que já se apresenta com feições erosivas e alto risco (Figura 6). Neste caso, a interferência antropogênica acelera significativamente o processo de erosão e aumenta o nível de risco.

Segundo informações da COMPDEC – JP (2014), uma área de muito alto risco relacionada à inundação e alagamento, delimitada como área de nº 4 por Brasil (2013) (tabela 2), localizada no bairro do Miramar, na Av. Ministro José Américo de Almeida, também foi afetada pelas chuvas do mês de setembro de 2014, registrando ocorrências de inundação de trechos da planície do rio Jaguaribe e alagamento das moradias adjacentes (Figura 7). A área citada não possui sistemas de drenagem eficazes, além de haver lançamento de esgoto, acúmulo de lixo e entulho nas margens do rio. Contém também pontos de estrangulamento à drenagem, como pontes subdimensionadas à vazão de cheia.



Figura 6 - Moradias construídas no topo de vertentes na Formação Barreiras lançando águas servidas sobre o talude na Comunidade Santa Clara, bairro do Castelo Branco. Fonte: Acervo fotográfico da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil / COMPDEC – JP (2014).



Figura 7 - Inundação na Planície Fluvial do rio Jaguaribe localizada no Bairro de Miramar. Fonte: Acervo fotográfico da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil / COMPDEC – JP (2014).

Outro risco relacionado à urbanização é o assoreamento de rios, este pode colaborar expressivamente para a ocorrência de inundações e alagamentos, pois com o assoreamento os canais dos rios ficam mais rasos, passando a suportar cada vez menos água. Os rios podem ser assoreados por sedimentos, detritos urbanos, acúmulo de lixo etc., a retirada da vegetação das margens dos rios potencializa este processo de assoreamento e isso ocorre com mais frequência em áreas urbanizadas. Neste caso, as intervenções com obras de engenharia são necessárias, para mitigar os danos.

Um estudo da COMPDEC (2015) relata os principais pontos em processo de assoreamento nos rios do município de João Pessoa, contabilizando no total, oito rios que passam por este processo, sendo o rio Jaguaribe portador de dois pontos de assoreamento. Pode-se constatar a localização de cada ponto assoreado na Tabela 3. Os oito rios que passam por processo de assoreamento são os rios: Jaguaribe; Timbó; Laranjeiras; Pacote; Cuiá; da Bomba; São Bentinho; e do Cabelo. Estes pontos de assoreamento nos rios citados estão localizados nos bairros São José, Bancários, Mangabeira, Distrito Industrial, Valentina, Treze de Maio, Mandacaru, Seixas e Bessa.

Tabela 3: Relação dos rios urbanos assoreados que causam inundação de suas margens no período das chuvas em João Pessoa.

Ordem	Rios	Localização
1	Rio Jaguaribe	Trecho: Três Lagoas a Bairro São José
2	Rio Timbó	Com. Timbó - Bancários
3	Rio Laranjeiras	Mangabeira / Colibris/ José Américo
4	Riacho Pacote	Distrito Mecânico/ Renascer I
5	Rio Cuiá – Valentina	Valentina / PB- 008
6	Rio da Bomba	Treze de Maio/ Padre Zé
7	Rio São Bentinho	Mandacaru
8	Rio do Cabelo	Distrito Industrial de Mangabeira à Praia do Seixas
9	Rio Morto (Jaguaribe)	Com. Washington Luís (Bessa)

Fonte: Adaptada de COMPDEC (2015).

Além da análise de assoreamento dos rios em geral no município, a COMPEC trata também de maneira específica, o bairro do Bessa, conhecido historicamente por seus casos de consecutivas inundações e alagamentos. Dados coletados em Janeiro do corrente ano mostram trechos dos canais urbanos que se encontram assoreados no bairro do Bessa. Este bairro está localizado nos cordões litorâneos do extremo norte do município.

As periódicas inundações e alagamentos que acometiam este bairro se deveram às baixas cotas altimétricas presentes os cordões litorâneos, por se tratar de uma ampla planície e terraços marinhos (Figura 8) e pela densa urbanização e impermeabilização do solo, além do processo de assoreamento dos rios. As intervenções no sistema de

drenagem do bairro amenizaram tais problemas, entretanto, a reativação da ocorrência de assoreamento dos canais e do rio Jaguaribe podem fazer com que os alagamentos retornem se não houver intervenções.

Enfim, as vinte e duas áreas em alto e muito alto risco de inundações e movimentos de massa no município de João Pessoa estão sendo estudadas por órgãos competentes, assim como os rios que estão em processo de assoreamento e que podem acentuar os riscos. Estes estudos são feitos com o objetivo de amenizar a ocorrência dos acidentes geológico-geomorfológicos, que tudo têm a ver com a forma de ocupação urbana desordenada sobre formas de relevo instabilizadas pelas suas características geológicas, geomorfológicas, o clima local e as ações antropogênicas.



Figura 8 - Cordões litorâneos onde se localiza o bairro do Bessa e o município de Cabedelo. Fonte: Modificada de Acervo Paulo Rosa (2009). Disponível em <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1430151>. Acesso em 24 de maio de 2015.

Como citado anteriormente, os pontos considerados de risco geológico-geomorfológicos do município de João Pessoa vão para além das vinte e duas áreas identificadas como alto e muito alto risco por Brasil (2013), pois existem outros pontos, não considerados de alto e muito alto risco, que também causam acidentes consideráveis. Como por exemplo, as sucessivas quedas de blocos nas falésias urbanizadas de Cabo Branco, assim como os deslizamentos em vertentes de falésias inativas no bairro do Altiplano, estes últimos ocorrem mais frequentemente em períodos chuvosos.

Há também a incidência de outros pontos de inundações e alagamentos além das áreas mapeadas por Brasil (2013), como é o caso das imediações do Parque Solón de Lucena e da Estação Ferroviária do município de João Pessoa. Recentemente, no mês de junho do corrente ano foram registrados alagamentos de dimensões consideráveis na Rua Bancário Sérgio Guerra, a principal via do bairro dos Bancários, e também no bairro da Torre, onde se constatou alagamentos e trânsito intenso na Avenida Rui Barbosa e na Avenida Epitácio Pessoa.

Os processos erosivos naturais são mais intensos na medida em que o relevo tem maiores declividades e em áreas que sofrem influência de altos índices pluviométricos. A geologia sedimentar do município, que possui rochas brandas e pouco coesas; as vertentes desmatadas e intensamente erodidas pela ação da chuva e pela urbanização dos topos e encostas; lançamento de águas servidas em taludes e as demais alterações do relevo ocasionadas pela interferência antropogênica maximizam a possibilidade da ocorrência de riscos geológico-geomorfológicos

Conclusões

O estudo específico da geomorfologia antropogênica do município de João Pessoa mostrou que apesar da declividade geral do município ser originalmente plana a suavemente ondulada, a urbanização, no decorrer do tempo, tem modificado as bases geomorfológicas do sítio urbano. Tendo em vista que cursos de rios foram alterados, a exemplo dos rios Jaguaribe e Marés; vertentes antropogênicas foram criadas, como ocorreram nos cortes de estrada da BR 230 que corta o município;

planícies de inundação de rios foram ocupadas, como as planícies dos rios Sanhauá e Jaguaribe, assim como a área das principais bacias hidrográficas que cortam o município, como a bacia dos rios Jaguaribe e Cuiá.

As maiores declividades da área se encontram onde há vertentes de rios e falésias, que são também, as áreas que possuem maiores riscos de acidentes geológico-geomorfológicos relacionados a movimentos de massa. As áreas de menor declividade e menor altimetria, que são as mais planas e baixas, também são suscetíveis ao risco geológico-geomorfológico, mas, nestas áreas, o tipo de risco que se corre é o de inundação e alagamento.

Desta forma, encontram-se intensamente relacionados à geomorfologia, à declividade e ao uso e ocupação do solo urbano, condicionando os cenários dentro da cidade às características físicas presentes.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Folhas Nossa Senhora da Penha, Santa Rita, João Pessoa e Mata da Aldeia**. Recife: SUDENE, 1974. Escala 1:25.000.
- BRASIL.. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&->>Acesso em 19 de março de 2016.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa**. João Pessoa: CPRM, 2013. 8p.
- BROWN, E. H. O Homem modela a Terra. **Bol. Geogr.** 30(222), p. 3-18, 1971.
- COMPDEC – JP. **Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil**. Acervo fotográfico da instituição, 2014.
- COMPDEC – JP. **Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil. Trechos dos canais urbanos assoreados no bairro do Bessa - João Pessoa**. Acervo da instituição, 2015.
- CSIMA, P. Urban Development and Anthropogenic Geomorphology. In: SZABÓ, J., DÁVID, L., LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms**. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plano Diretor do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros (CPATC)**. Brasília: EMBRAPA SPI, 1994. 37p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **III Plano Diretor da Embrapa Tabuleiros Costeiros 2004-2007**. Aracajú: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros (1), 2005. 44p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI (2), 2006.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.
- FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E.; MENESES, L. F. Geomorfologia e tectônica da formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo, 1 (6): p. 61 – 70, 2006.
- FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa 1:100.000**. 2007. 213 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo: USP, 2007.
- GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**. 7 ed. p. 37-59, 1993.
- GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. 4th ed. The MIT Press, Cambridge, 1994. 454p.
- GOUDIE, A.; VILES, H. **Landscapes and Geomorphology**. Oxford University Press, Oxford, 2010. 137p.
- HOOKE, R. L.. On the efficacy of humans as geomorphic agents. **GSA Today** 4(9): 217/224-225, 1994.
- HOOKE, R. L. On the history of humans as geomorphic agents. **Geology** 28(9): 843-846, 2000.
- HOOKE, R. L. Land transformation by humans: a review. **GSA Today** 22(12): 4-10, 2012.
- MERRITTS, D.; WET, A.; MENKING, K. **Environmental Geology - An earth systems science approach**. The United States of American: Second Edition, 2014. 604p.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Keper Publishing House, Jerusalem; D. Reidel Publishing, Dordrecht, 1983. 175p.
- OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. **Quaternary and Environmental Geosciences** 5(2) p. 103-111, 2014.
- PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da Geologia do Tecnógeno do Município de São Paulo**. 262 f.

Tese (doutorado), Instituto de Geociências da USP, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências** 27: p. 257 – 268, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998.270p.

PELOGGIA, A. U. G. O Tecnógeno existe? In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Pedro (SP). **Anais...** ABGE (CD-ROM), 1999. 13p.

PELOGGIA, A. U. G. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife (PE), **Anais...** ABEQUA, 2003.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)** 16: p. 24 – 31, 2005.

PELOGGIA, A. U. G.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic Landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscapes as transformed by human geological action. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2014.

PLANOMUNICIPALDECONSERVAÇÃOERECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA DE JOÃO PESSOA. Coordenação:

Lígia Maria Tavares da Silva; **Prefeitura Municipal de João Pessoa** – João Pessoa: F & A Gráfica e Editora, 2012. 100p.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia** 17: p. 101-111, 2005.

RÓZSA, P. Nature and Extent of Human Geomorphological Impact – A Review. In: SZABÓ, J., DÁVID, L., LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms**. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298p.

RUDDIMAN, W. F. **A Terra transformada**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 376p.

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. . In: SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms**. London–New York: SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg, 2010. 298p.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, 38: p.133-142, 1988.

VITA-FINZI, C. Physiographic effects of Man. In: **The New Encyclopaedia Britannica**, Macropaedia, 15 (20): p. 22-26, 1993.