

Impactos decorrentes do uso do solo em dolinas da Bacia Sedimentar da Paraíba, zona oeste do município de João Pessoa (PB), Brasil

Resulting impacts of land use in dolines of the Paraíba Sedimentary Basin, western portion of João Pessoa (PB), Brazil

Saulo Roberto de Oliveira Vital

Professor da Universidade Estadual da Paraíba
Doutorando em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
srovital@gmail.com

Luiz Eduardo Panisset Travassos

Doutor em Carstologia pela Universidade de Nova Gorica, Eslovênia
Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas
luizepanisset@gmail.com

Recebido para revisão em 31/01/2015 e aceito para publicação em 23/04/2015

Resumo

O objetivo principal deste trabalho é destacar de que forma as dolinas presentes na Bacia Sedimentar da Paraíba são utilizadas na zona oeste do município de João Pessoa (PB) e alertar para o risco iminente de poluição e contaminação da água subterrânea. Para tanto, foi realizada a interpretação do uso e ocupação do solo com base em critérios de fotointerpretação convencional e sensoriamento remoto a partir da imagem do satélite *Rapideye*, de modo que os alvos foram delimitados (vetorizados) a partir de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). As classes foram discernidas com base na classificação proposta em Melo et al. (2001) e IBGE (2006). A partir do estabelecimento da relação entre o uso do solo e a localização das depressões na zona urbana de João Pessoa (PB), percebeu-se que a maioria dessas feições se encontra localizada em área urbana, o que tem acarretado em diversos impactos, dentre eles poluição das águas, eutrofização e assoreamento. Tais problemas têm influenciado diretamente na vida das populações aí residentes, potencializando os riscos de enchentes, podendo ocasionar poluição das águas superficiais e subsuperficiais. Estudos geofísicos devem ser realizados visando mensurar a ocorrência de vazios ligados ao processo de carstificação e suas relações com o avanço urbano.

Palavras-chave: Dolinas, uso e cobertura das terras, poluição e contaminação, João Pessoa (PB).

Abstract

The main objective of this paper is to show how the dolines present in the Paraíba Sedimentary Basin are used in the metropolitan area of João Pessoa (PB) and mention the imminent risk of pollution and contamination of groundwater. Thus, the authors performed the interpretation of land based on conventional photo interpretation and remote sensing criteria from the RapidEye satellite image, so that the targets were defined (vectored) from a Geographic Information System (GIS). The classes were discerned based on the classification proposed by Melo et al. (2001) and IBGE (2006). From the establishment of the relationship between land use and the location of the depressions in the urban area of João Pessoa (PB), it was noted that most of these features are located on the urban area, which has led several impacts, including water pollution, eutrophication and sedimentation. Such problems have direct influence in the lives of people living there, increasing the risk of flooding and pollution of surface and subsurface waters. Geophysical studies should be conducted to measure the occurrence of empty voids linked to karstification process and its relationship with the urban growth.

Keywords: Dolines, use and coverage of land, pollution and contamination, João Pessoa (PB).

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos duzentos anos, a população mundial cresceu exponencialmente, chegando até o número de 7 bilhões de pessoas em 2011. Obviamente, o maior número de indivíduos resultou em rápida expansão urbana em diversas partes do mundo, aumentando a ocupação de áreas naturais, bem como crescente demanda por recursos naturais (e.g.: água, matérias-primas, alimentos, etc.). Consequentemente, a gravidade dos problemas ambientais causados por esta demanda tornou-se ainda mais notável, sendo urgente a necessidade de atingir um equilíbrio entre o uso dos recursos e as possibilidades de preservação e reabilitação dos ecossistemas naturais (DJALANTE, 2012; GOUDIE, 2013; GUTIÉRREZ et al., 2014).

Para Gutiérrez et al. (2014), algumas áreas no mundo são intrinsicamente mais vulneráveis que outras, dependendo de fatores como a geologia, geomorfologia, hidrogeologia, biodiversidade e clima, entre outros. Quando considerados somente fatores geológicos superficiais e subsuperficiais, as áreas mais vulneráveis são aquelas que apresentam uma relação direta entre morfologia superficial e hidrologia subsuperficial, que recebem o nome de “carste”.

Em todo do mundo, as paisagens cársticas apresentam características similares que as colocam como geocossistemas extremamente frágeis, especialmente frente à ocupação antrópica. Em regiões de carste encoberto, os problemas tornam-se ainda maiores visto que a população, de maneira geral, não percebe facilmente o que ocorre no subsolo. As feições características do carste são relacionadas à dissolução e à drenagem subsuperficial dominante. Por esse motivo, Gutiérrez et al. (2014) afirmam que existe uma estreita conexão entre a superfície e os aquíferos subjacentes, tornando-os altamente vulneráveis à poluição e contaminação.

Dentre as formas de relevo mais comuns no ambiente cárstico estão as dolinas, que são as depressões fechadas na superfície terrestre que indicam a presença de condutos em subsuperfície para onde o fluxo hídrico é direcionado causando dissolução e a formação ou alargamento de vazios subterrâneos (SAURO, 2012; ROSE et al., 2004).

A ocorrência de carste em regiões urbanas torna-se um fator preponderante para a ocorrência de riscos geológicos. De acordo com Sallun Filho (2009) as dolinas são formadas pelo colapso ou subsidência do terreno, podendo se formar lentamente quando o solo na superfície é conduzido pela água para fendas verticais até alcançar os condutos. Além disso, o colapso do solo ou do teto de uma caverna também podem ocasionar o surgimento de uma dolina.

No caso da ocorrência de um tipo de carste subjacente, ou encoberto, o desconhecimento da presença de processos cársticos em subsuperfície pode elevar os riscos de subsidência do terreno, sendo necessário realizar investigações por meio de técnicas geofísicas. O risco de colapso e subsidência do terreno torna-se ainda maior devido ao rebaixamento do nível das águas

subterrâneas em virtude do bombeamento em poços ou nascentes para abastecimento urbano, industrial ou devido à atividade minerária. Tal condição pode acarretar tanto na diminuição da sustentação dos condutos, assim como na alteração do regime de fluxo, causando a erosão dos condutos preenchidos por sedimentos. Além disso, a formação de zonas deprimidas torna estes locais sujeitos a intensos alagamentos no período úmido (SALLUN FILHO, 2009).

Na Bacia Sedimentar da Paraíba ocorrem formas de relevo que chamam a atenção por serem muito comuns e por apresentarem as características típicas das depressões originadas por processos cársticos, porém, ocorrendo em coberturas areno-argilosas. A ausência de investigações visando esclarecer os mecanismos genéticos destas depressões torna urgente a realização de estudos que possam analisar as implicações da urbanização sobre estas feições.

Assim sendo, o objetivo principal deste trabalho é o de destacar de que maneira as dolinas presentes na Bacia Sedimentar da Paraíba são utilizadas na zona oeste do município de João Pessoa e alertar para os riscos iminentes ocasionados pela ocupação inadequada. Partindo-se do trabalho de Oliveira (2001), que mapeou a ocorrência de planícies e depressões cársticas na zona urbana de João Pessoa, os autores reforçam a ideia de que algumas das comunidades mais vulneráveis às inundações estão localizadas sobre uma planície com evidências de processos de carstificação como as dolinas e/ou uvalas. Ressaltam, ainda, que a ocupação de tais depressões fechadas causa problemas não somente para as comunidades, mas para o ambiente cárstico como um todo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A interpretação do uso e cobertura do solo baseou-se em técnicas de fotointerpretação convencional e sensoriamento remoto a partir da imagem do satélite *Rapideye*, com 5 metros de resolução espacial, de modo que os alvos foram delimitados (vetorizados) a partir de um Sistema de Informações Geográficas.

As classes foram distinguidas com base na classificação proposta pelo IBGE (2006), bem como na publicação de Melo et al., (2001), tendo em vista que tornou-se necessária a adaptação de algumas classes de uso do solo à realidade local, pois não estavam contidas em IBGE (2006).

As classes delimitadas a partir da imagem de satélite foram confirmadas a partir de trabalho de campo, onde foram visitadas as depressões e reconhecidos os tipos de uso predominantes em seus entornos.

2.1 Localização e caracterização da área em estudo

A área em estudo encontra-se localizada entre os municípios de João Pessoa, Santa Rita e Bayeux, no retângulo envolto pelas coordenadas UTM 288330mE e 295324mE, e 9215478mN e 9205733mN, zona 25 sul. As sedes municipais estão localizadas na mesorregião da Mata Paraibana, DOI 10.5752/p.2318-2962.2015v25n.44p.118

microrregião de João Pessoa, compreendendo uma parte dos municípios que compõem o sítio urbano da grande João Pessoa, conforme figura 1.

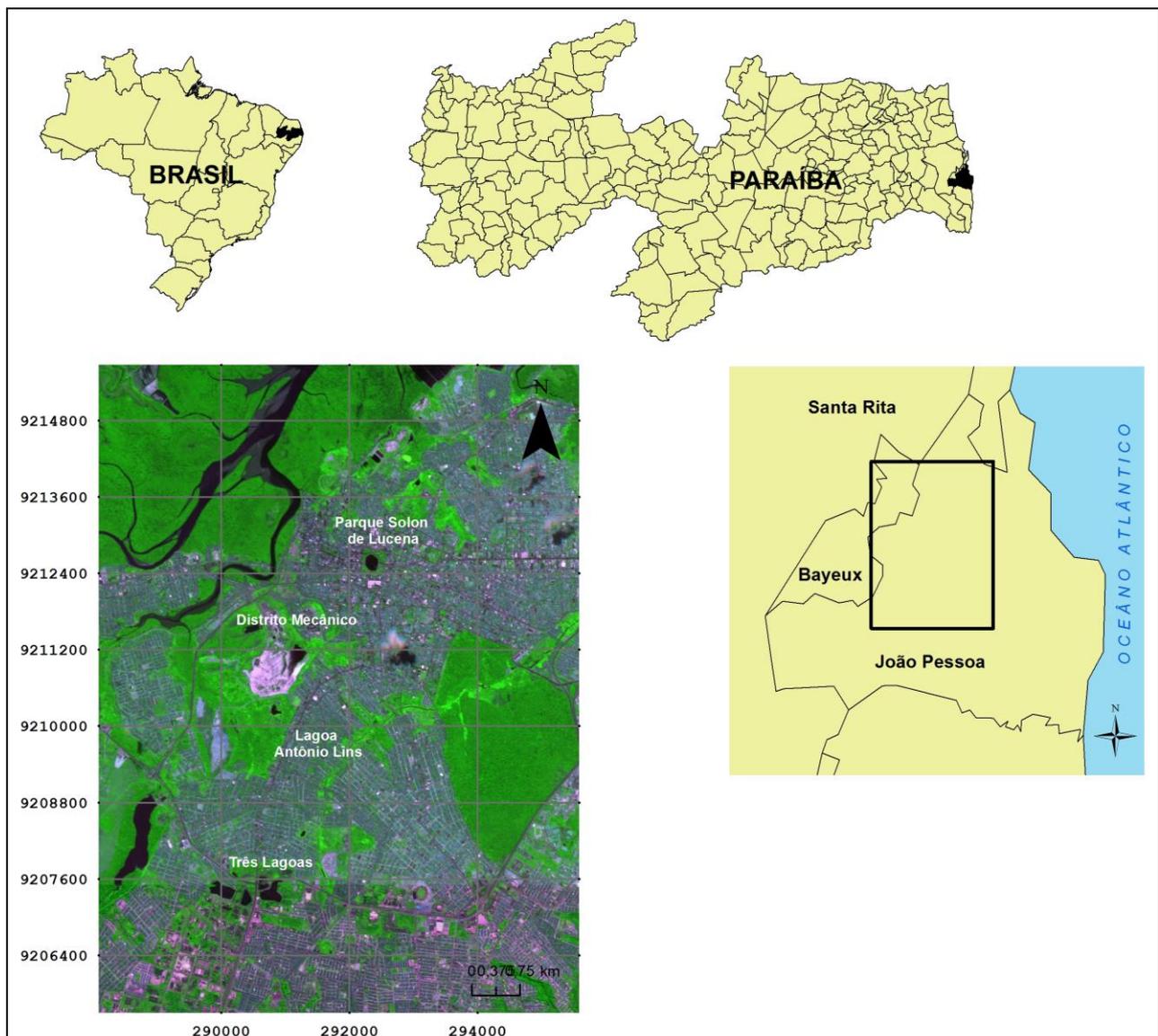


Figura 1 – Localização da área em estudo. Na imagem de satélite é possível verificar grandes depressões fechadas circulares e alongadas preenchidas de água.

Em relação à geologia, a área se encontra assentada sobre os sedimentos da Bacia da Paraíba. A Bacia da Paraíba é composta pelas Formações Maria Farinha, Gramame, Itamaracá e Beberibe. Tais formações compõem o chamado Grupo Paraíba e encontram-se truncadas por estruturas que a limitam ao norte pelo Alto Estrutural de Mamanguape e ao sul pelo Lineamento Pernambuco (BRITO; CAMPOS, 1971; BARBOSA; LIMA FILHO, 2005; BARBOSA, 2007) (Figura 2).

Os sedimentos do Grupo Paraíba encontram-se recobertos por uma sequência de sedimentos, pouco consolidados, areno-argilosos, que repousam de forma discordante sobre a Formação Gramame, especialmente na região da grande João Pessoa, denominada Formação Barreiras (MABESOONE et al., 1972; MABESOONE; ROLIM, 1982; ARAI, 2006).

A respeito da Formação Maria Farinha, Brito e Campos (1971) afirmam que se encontra sobreposta à Formação Gramame numa faixa estreita, próxima ao litoral, principalmente entre a cidade de Recife e o rio Goiana, não ocorrendo em João Pessoa (PB). Esta formação, parte da ampla “Sequência Drifte Regressiva” é constituída por calcários clásticos, finos a grossos, de tonalidades creme e acinzentada, dispostas em bancos, cuja espessura varia de 0,10 m a 4,00 m, apresentando suave mergulho geral para o oceano atlântico, suave ondulação, com os eixos aproximadamente normais à costa. Seu conteúdo fossilífero indica deposição em mar raso não muito afastada da costa (OLIVEIRA, 1953; BRITO NEVES et al., 2009).

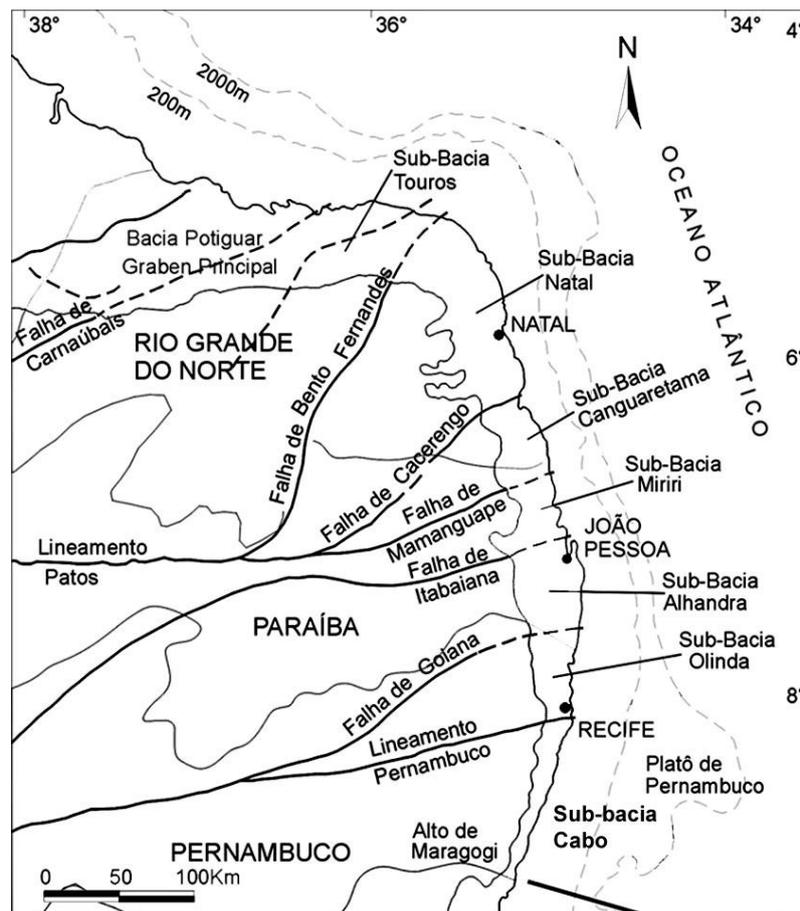


Figura 2 - Limites das bacias Potiguar, Paraíba e Pernambuco.
Fonte: Barbosa (2007, p.47).

Os depósitos da Formação Gramame (Figura 3) são formados por calcários e margas, de idade Maastrichtiana, sendo predominantemente biomicríticos, depositados a partir de um ambiente marinho com aproximadamente 150 metros de profundidade (BARBOSA, 2007). Os mesmos estão acamadados em bancos horizontais plano-paralelos, com modestas inclinações, não muito pronunciados (0,80 a 3 metros de espessura), formando massas compactas com fraturas, dissolução subterrânea e com expressiva continuidade lateral, evidenciando o predomínio do processo de agradação em uma extensa plataforma de inclinação sutil (LUMMERTZ, 1997; BARBOSA, 2007).



Figura 3 – Aspecto geral dos carbonatos da Formação Gramame, na zona oeste do município de João Pessoa, PB (Foto: L.E.P. Travassos).

A Formação Itamaracá, por sua vez, é composta por sedimentos de origem transicional que representam o início da transgressão marinha, constituídos por arenitos calcíferos, fosfáticos, carbonatos com siliciclastos e folhelhos acumulados nas águas rasas da plataforma submersa e, em parte, retrabalhados (MABESOONE; ALHEIROS, 1988).

A unidade basal, denominada Formação Beberibe, é constituída por arenitos cinzentos, inconsolidados, pouco calcíferos, argilosos de granulação fina, apresentando níveis conglomeráticos depositados provavelmente no Caniaciano-Santoniano. São arenitos de fácies predominantemente continentais exibindo, por vezes, intercalações de siltitos e folhelhos, além de bancos fossilíferos provenientes de fácies estuarinas, lagunares, litorâneas, e até mesmo neríticas de pequena profundidade (BEURLIN, 1967; BRITO; CAMPOS, 1971; BARBOSA, 2007)

Em relação à geomorfologia, a região é formada por Tabuleiros Litorâneos, mais ou menos isolados, com cotas altimétricas crescentes rumo ao interior. Os topos dos tabuleiros estão alinhados tendendo a seguir uma curva ascendente que parte da cota próxima ao nível do mar no litoral e que cresce a altitudes de centenas de metros no seio do Planalto da Borborema (ARAÍ, 2006).

De acordo com Furrier et al. (2006), os Tabuleiros Litorâneos no Estado da Paraíba apresentam dois padrões distintos de dissecação, tomando como referência o vale do rio Gramame onde, a norte, predominam tabuleiros com superfícies bastante extensas e aplainadas e, a sul, tabuleiros bastante dissecados, apresentando cotas altimétricas máximas que ultrapassam 200 metros, expondo, por vezes, afloramentos de rochas sotopostas da Bacia da Paraíba.

O clima da área pode ser classificado como Tropical Úmido ou Tropical Oceânico, com temperatura média anual de 26°C e pluviosidade média em torno de 1.750 mm. Desta pluviosidade

média anual, aproximadamente metade do montante de precipitação sofre evaporação, o que corresponde a 842,3 mm, principalmente nos meses de verão que correspondem a novembro e dezembro (MELO et al., 2001).

Os solos que ocorrem na região são do tipo Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico, Solos Indiscriminados de Mangues, Podzol Hidromórfico, Aluviais Eutróficos, Gleydistróficos Indiscriminados e Areias Quartzosas Marinhas (BRASIL, 1972).

A vegetação é composta por Vegetação Pioneira, Manguezais, Floresta Latifoliada Perenefólia Costeira e algumas manchas esparsas de Cerrado (CARVALHO; CARVALHO, 1985).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do mapeamento do uso e cobertura das terras e das dolinas na zona oeste do município de João Pessoa, tornou-se possível tecer algumas relações importantes.

A porção norte das Três Lagoas apresenta uma predominância de Formações Secundárias embora apresente certa ocorrência de áreas urbanizadas, principalmente em função da proximidade com a BR-101. No entanto, devido à predominância de vegetação, a área foi toda classificada como sendo pertencente às formações secundárias, tendo em vista que a escala do mapeamento não permitiu a distinção de manchas esparsas e minúsculas de zona urbana. Na porção sul, em direção à Recife, o quadro se inverte, onde a urbanização é predominante (Figura 4).



Figura 4 – Região do Parque Aquático das Três Lagoas em João Pessoa (PB). Notar a predominância de formações vegetais secundárias na porção inferior da imagem (norte), e urbanização na porção superior (sul). Foto: Divulgação/Autor desconhecido.

Não é rara a coexistência entre formações vegetais mistas e a urbanização, uma vez que tal configuração é fruto do processo de expansão urbana indiscriminada. Por esse motivo, as depressões que se encontram localizadas nessa região sofrem forte influência dos dois tipos de uso.

Tal situação tem ocasionado diversos impactos ambientais, dentre eles, a poluição das águas superficiais e, possivelmente, do aquífero. Tal fato pode contribuir para a intensificação do processo de carstificação na região, devido às diversas modificações das características físico-químicas das águas que infiltram no sistema cárstico (e.g.: viscosidade, temperatura, pH, etc.).

O aspecto morfológico da depressão “Três Lagoas” sugere um processo de carstificação superficial/horizontalizado, pois se constitui visualmente, como uma área mais ampla que profunda. É possível que exista mais do que um ponto de recarga e fundo irregular o que configuraria sua classificação como uma uvala.

O processo de expansão urbana na área em questão originou uma irregularidade muito acentuada entre os diversos tipos de uso do solo, sobretudo entre a vegetação natural e as formações secundárias, favorecendo misturas ou áreas heterogêneas, difíceis de serem delimitadas, até mesmo por meio de técnicas de fotointerpretação e sensoriamento remoto. Na figura 5, além dos tipos de usos, é claramente perceptível o controle estrutural ao qual estão submetidas as dolinas e as drenagens, formando um alinhamento de direção SSW-NNE.

Ao longo das margens do rio Jaguaribe ocorre uma vegetação bastante alterada configurando algo mais próximo dos “campos de várzeas”, onde existem capoeiras de idades diversas, espécies frutíferas, culturas de subsistência e pastagens alocadas em sítios e granjas, substituindo parte desses campos. Por esse motivo, essa classe foi incluída dentro da categoria de “Áreas Antrópicas Agrícolas”, pois não resta quase nenhuma vegetação natural, e onde ocorre predominância maior de atividades agrícolas no interior do sítio urbano.

A região de Floresta Ombrófila (8,18 km²) é representada por uma vegetação densa, rica em espécies vegetais. A ocupação desordenada provocou a devastação parcial dessa formação vegetal, restando apenas poucos pontos remanescentes. Um exemplo é a área de preservação da empresa InterCement, denominada “Mata da Graça”, localizada na zona oeste de João Pessoa (PB). Outro exemplo é a Unidade de Conservação da Mata do Buraquinho, que constitui a maior área preservada da cidade de João Pessoa (PB).

As Formações Secundárias Arbustivo-Arbóreas são representadas por vegetação relativamente esparsa, caracterizada como mata secundária constituída, em grande parte, por espécies exóticas. Este tipo de cobertura se mistura com espécies florestais de Mata Atlântica ou com espécies do Cerrado presentes no topo dos Tabuleiros Costeiros, ou ainda, com as formações arbustivas e arbóreas litorâneas e se distribuem em toda a área de estudo como resultado da

transformação sofrida pela paisagem. Cobrem uma área total de 9,09 km², superior às áreas florestais.

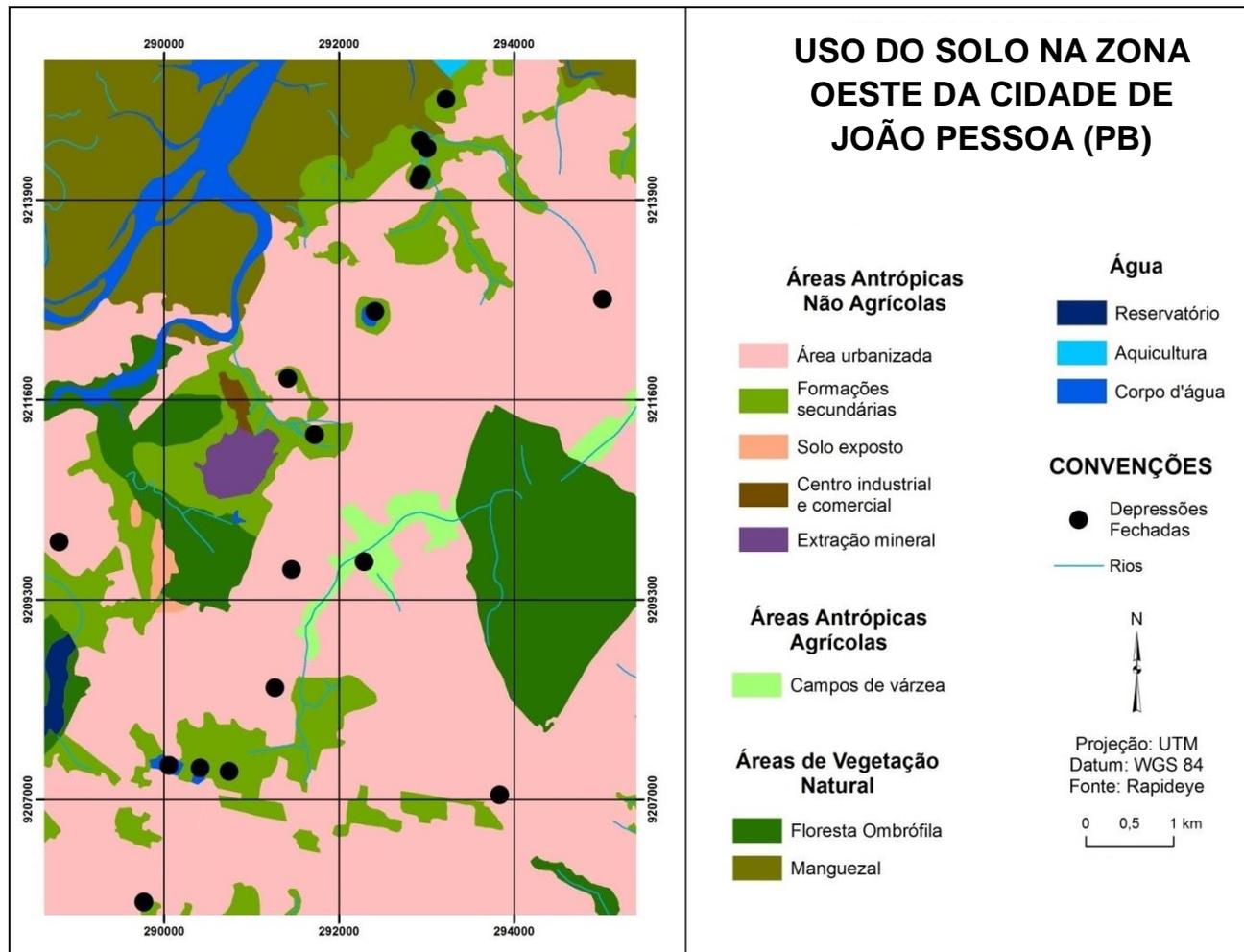


Figura 5 – Localização das depressões fechadas no contexto do uso e cobertura do solo em uma zona densamente urbanizada do município de João Pessoa (PB).

As áreas urbanas representam o tipo de uso predominante sobre a área, pois coincide com o setor originário da cidade de João Pessoa, onde estão localizados os bairros mais antigos desta cidade, tais como o Cruz das Armas, Jaguaribe e o próprio Centro, onde também se localiza o Centro Histórico da Cidade de João Pessoa. A área total desse tipo de uso alcança 38,83 km², no recorte mapeado.

Dentre os problemas ambientais mais comuns na área urbana, encontram-se a erosão dos solos em virtude da destinação incorreta das águas coletadas por galerias pluviais e esgotos domésticos, principalmente nas encostas do rio Jaguaribe, além da poluição e assoreamento do canal do rio, tanto pela deposição acelerada de sedimentos como por construções inadequadas. A impermeabilização dos solos no topo do Tabuleiro Costeiro tem gerado um aumento significativo no fluxo das águas que escoam para este rio, potencializando o processo erosivo nessa região, dando origem a ravinas e voçorocas (Figura 6).

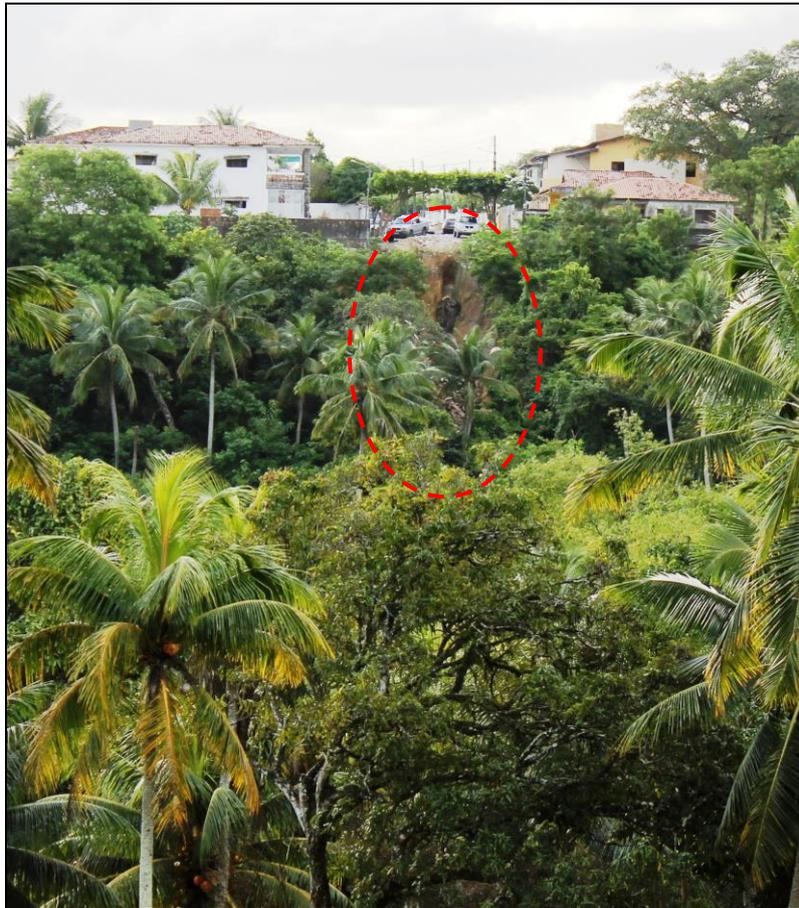


Figura 6 – Ravina em destaque na foto, presente em uma vertente do rio Jaguaribe, Rua Coronel Estevão em Cruz das Armas, João Pessoa, PB (Foto: S.R.de O. Vital).

Os Corpos D'água constituem o espelho d'água do rio Sanhauá, importante afluente do rio Paraíba do Norte, que cruza a zona noroeste da cidade, e pelos lagos (depressões) que se formam no interior dessa área, alcançando 2,33 km² de área.

Os Manguezais representam um tipo de cobertura importante na área, pois, além de ocupar uma área considerável na localidade (9,27 km²), também tem sofrido importantes impactos nos últimos anos.

A porção interpretada como solo exposto constitui uma área aberta, muito próxima a zona de preservação da empresa InterCement, constituindo provavelmente alguma antiga localidade onde se desempenhava a extração de argila, estando atualmente sem nenhum tipo de uso aparentemente importante. Não alcança mais de 400 m².

A localidade classificada como “Campos de várzea” constitui a vegetação que circunda as margens do rio Jaguaribe, onde se desenvolvem atividades características de zonas rurais em meio urbano, por isso, foi inserida na categoria das “Áreas Antrópicas Agrícolas”.

A área denominada Centro Industrial e Comercial constitui a zona de influência da empresa InterCement e do Distrito Mecânico da cidade de João Pessoa (PB). Ambas as áreas estão localizadas na bacia do rio Paraíba do Norte, numa área bastante deprimida constituindo um

anfiteatro formado por encostas bastante íngremes. Esta área apresenta forte potencial à contaminação da água subterrânea, uma vez que existem afloramentos de calcário, formando um aquífero de porosidade secundária onde a água consegue fluir com maior rapidez, transportando os poluentes com maior velocidade.

As atividades desenvolvidas no Distrito Mecânico têm ocasionado fortes impactos ambientais, uma vez que os empreendimentos que aí se estabelecem não apresentam nenhum plano de controle ambiental. O óleo automotivo é o principal agente poluidor, pois é lançado diretamente sobre o solo sem nenhuma destinação adequada.

Esta área não ultrapassa 250 metros de extensão. Unindo a classe denominada “Extração mineral” que consiste na área da lavra da InterCement, a área alcança números próximos de 1 km². Constituindo umas das zonas mais impactadas da área analisada (Figura 7).



Figura 7 – Encostas íngremes (20-45% de inclinação) na Comunidade Saturnino de Brito em João Pessoa, PB (Foto: S.R.de O. Vital, 2012).

A área do “Reservatório” é referente ao Açude Marés, que cumpre a função de abastecer parte dos bairros da cidade de João Pessoa, alcançando 300 m² de extensão. Ao longo das margens do rio Paraíba do Norte ocorre a aquicultura, onde se desenvolve a introdução, manipulação e controle das taxas de natalidade, crescimento e mortalidade de espécies aquáticas (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura das terras da Zona Oeste do Município de João Pessoa (PB)

CLASSES DE USO E COBERTURA DAS TERRAS CLASSES	ÁREA (Km ²)
Floresta Ombrófila	8,18
Formações Secundárias	9,09
Áreas Urbanas	38,83
Corpos D'água	2,33
Manguezal	9,27
Solo Exposto	0,37
Campos de várzea	1,15
Centro industrial e comercial	0,23
Reservatório	0,32
Extração mineral	0,51
Aquicultura	0,20

3.1 Uso do solo no contexto do carste

O mapeamento, descrição e quantificação dos tipos de uso do solo também teve como finalidade a sobreposição desse tema à localização das depressões fechadas que ocorrem na região, visando analisar a influência dos tipos de uso nos entornos dessas feições. Constatou-se, portanto, que a maioria das feições se encontra em áreas urbanizadas, sofrendo intensos impactos mediante esta condição. Dentre os impactos mais comuns estão a poluição e, em alguns casos, o total assoreamento dessas áreas.

No caso da lagoa Antônio Lins, localizada no bairro de Cruz das Armas, a urbanização já tomou praticamente toda a área da depressão, restando apenas uma pequena porção da lagoa que se encontra em avançado estado de assoreamento. Outro problema diz respeito às frequentes inundações que ocorrem nessa área, uma vez que constitui uma bacia fechada, de escoamento radial centrípeto, além da urbanização que causa a impermeabilização do solo (Figura 8).

Outra localidade muito representativa do ponto de vista dos impactos urbanos no carste em áreas urbanas é a depressão que se encontra no bairro Cidade dos Funcionários, denominada popularmente de Lagoa do Buracão. Lá a pressão antrópica tem gerado sérios problemas de poluição, semelhantes à lagoa Antônio Lins, conforme demonstram os fortes sinais de eutrofização (Figuras 9).

As depressões que se encontram sobre Formações Secundárias não estão totalmente isentas das consequências provenientes da urbanização, uma vez que essas áreas são resultantes da própria urbanização, que ocasionou mudanças na cobertura vegetal. Em algumas dessas localidades se realizam atividades ligadas à pecuária, a partir da manutenção de pequenos rebanhos de caprinos e bovinos (Tabela 2).

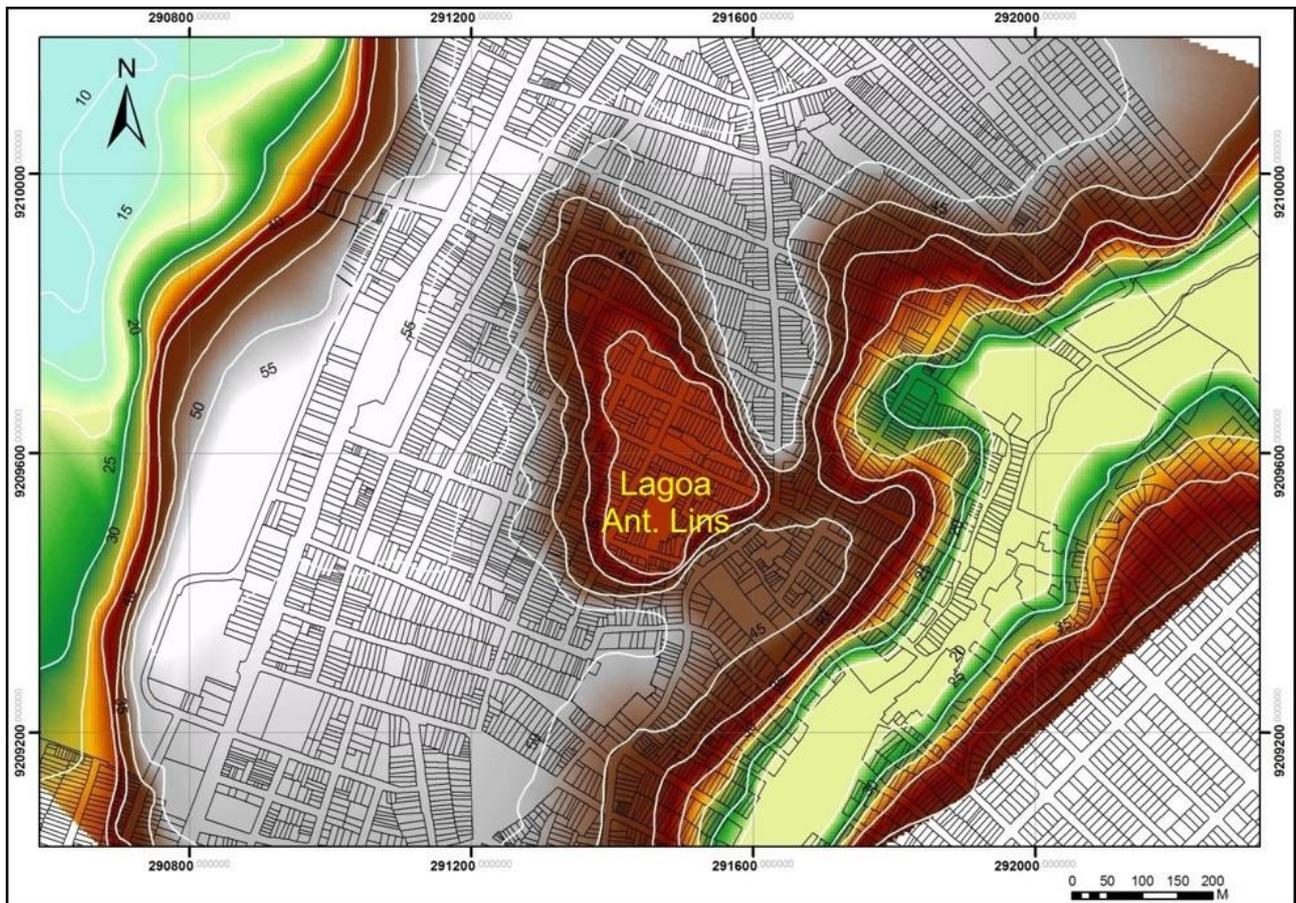


Figura 8 – Modelo Digital de Elevação e cadastro urbano da área que compreende a depressão da lagoa Antônio Lins e adjacências. Notar a intensa urbanização no interior da depressão fechada.



Figura 9 – Lagoa do Buracão, localizada na Cidade dos Funcionários em João Pessoa (PB). Notar águas intensamente eutrofizadas devido a poluição (Foto: L.E.P. Travassos, 2012).

Tabela 2 – Relação entre os tipos de uso das terras e depressões fechadas associadas.

TIPO DE USO DA TERRA	QUANTIDADE DE DEPRESSÕES
Área urbanizada	11
Formações secundárias	6
Campos de várzea	1
Total	18

Em outras localidades, a proximidade de zonas de mineração é um fator que interfere na evolução da carstificação, pois o desmonte de consideráveis pacotes de calcário provoca a desestabilização do terreno.

Algumas depressões que se encontram incluídas no grupo das Formações secundárias também se localizam muito próximas às áreas de mineração, as quais não foram mapeadas por causa da escala, por serem áreas muito reduzidas.

4 CONCLUSÕES

Os estudos dos fenômenos cársticos em ambientes urbanos ainda são raros. Neste estudo, empreendeu-se uma iniciativa voltada à compreensão de como o crescimento urbano influencia e é diretamente influenciada pela evolução de um sistema cárstico.

A partir do estabelecimento da relação entre o uso das terras e a localização das depressões na zona urbana de João Pessoa (PB), percebeu-se que a maioria das feições se localizam na área urbana, o que tem causado diversos impactos sobre elas, como por exemplo, a poluição das águas, eutrofização e assoreamento. Tais problemas têm influenciado diretamente nas condições de vida dos residentes, potencializando os riscos de enchentes e ocasionando a descarga de poluentes nas águas superficiais e subsuperficiais.

Nesse sentido, a pressão urbana sobre essas áreas demanda a realização de estudos geofísicos que visem o levantamento das condições da área e de seu atual estado frente ao crescente adensamento urbano. Os métodos geofísicos auxiliarão no esclarecimento de como a dissolução está se comportando em subsuperfície e como tem influenciado na evolução dessas feições frente aos processos de urbanização.

Estudos voltados à quantificação das taxas de denudação química são urgentes uma vez que não se sabe até que ponto a urbanização tem influenciado efetivamente na aceleração da carstificação, fora o que se sabe pela literatura. Além disso, sugere-se a partir desse estudo, como proposta de mitigação dos impactos sobre estas feições, a delimitação de áreas de preservação que devem ser estabelecidas em seus entornos, além da transformação dessas zonas em áreas de interesse natural.

REFERÊNCIAS

ARAI, M. A grande evolução eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do Instituto de Geociências da USP**, São Paulo, v.6, n.2, p.1-6, 2006.

BARBOSA, J. A. **A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos**. 270fls. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar e Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

BARBOSA, J. A., LIMA-FILHO, M. Os domínios da Bacia da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 3., 2005. **Anais...** Salvador, 2005.

BEURLEN, K. Paleontologia da faixa costeira Recife – João Pessoa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v.16, n.1. p.73-79, 1967.

BRITO, I. M.; CAMPOS, D. A. A bacia geológica costeira de Pernambuco. **Boletim de Geologia**, Rio de Janeiro, n.6, p.3-12, 1971.

BRITO NEVES, B. B., ALBUQUERQUE, J. P. T., COUTINHO, J. M. V., BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). **Revista do Instituto de Geociências**. Geol. USP, Sér. Cient., São Paulo, v.9, n.2, p.63-87, 2009.

CARVALHO, F. A. F.; CARVALHO, M. G. F. Vegetação. In: Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa: GRAFSET, 1985.

DJALANTE, R. Adaptive governance and resilience: the role of multi-stakeholder platforms in disaster risk reduction. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, v. 12, p.2923–2942, 2012.

FURRIER, M., ARAÚJO, M. E., MENESES, L. F. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.6, n.2, p.61-70, 2006.

GOUDIE, A. **The Human Impact on the Natural Environment**. 7.ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2013. 410 p.

GUTIÉRREZ, F., PARISE, M., DE WAELE, J., & JOURDE, H. A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst. **Earth-Science Reviews**,v.138, p.61-88, 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2006.

KEGEL, W. Geologia do fosfato de Pernambuco. **Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral**, São Paulo: IBGE, p.9-54, 1955.

LUMMERTZ, F. B. **Aspectos da hidráulica subterrânea na área da Grande João Pessoa**. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Escola de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1977.

MELO, A. S. T., HECKENDORFF, W. D., ALVES, E. L., GUIMARÃES, M. M. M. O meio ambiente natural: componentes abióticos e bióticos. In: Melo, A. S. T. et al., (Org.). **Projeto de Pesquisa: Vale do Jaguaribe**, João Pessoa: Ed. UNIPÊ, 2001, cap.2, p.31-50.

MABESOONE, J. M., SILVA, A. C. E BEURLEN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, v.2, p. 173-187, 1972

MABESOONE, J. M. E ROLIM, J. L. Problemas estratigráficos e sedimentológicos do cenozóico nordestino. **Estudos Pesquisas**, Recife, n.5, p.7-18, 1982.

MABESOONE, J. M. E ALHEIROS, M. M. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.4, n.18, p.476-482, 1988.

NIMER, E. **Pluviometria e Recursos Hídricos de Pernambuco e da Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, P. E. Invertebrados fósseis da formação Maria Farinha. **Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral**, IBGE, Rio de Janeiro, n.146, 1953.

OLIVEIRA, F. B. **Degradação do meio físico e implicações ambientais na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa – PB**. 111fls. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

ROSE, M. D.; FREDERICO, A.; PARISE, M. 2004. Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment. **Natural Hazards and Earth System Sciences** 4, p.747-755.

SAURO, U. **Closed Depressions in Karst Areas**. Encyclopedia of Caves, 2012, p.140-155

SALLUN FILHO, W. Subsidência e colapso em terrenos cársticos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. Instituto Geológico: São Paulo, 2009, p.99-110.