



## EVIDÊNCIAS DE CARSTE URBANO: O CASO DA LAGOA ANTÔNIO LINS NO BAIRRO DE CRUZ DAS ARMAS, JOÃO PESSOA, PARAÍBA

**Saulo Roberto de Oliveira Vital**

Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: srovital@gmail.com

**Max Furrier**

Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba.  
E-mail: mfurrier@usp.br

**Thyago de Almeida Silveira**

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Paraíba, Campus Picuí.  
E-mail: thyago.silveira@gmail.com

### **Resumo**

Evidências de dolinas são bastante comuns na cidade de João Pessoa, Paraíba. As dolinas são consideradas depressões fechadas, circulares, associadas à dissolução topográfica coadjuvada por fenômenos cársticos de sub-superfície, caracterizando um carste inumado. Assim como as encostas, os terraços fluviais e as várzeas, os terrenos cársticos foram durante muitas décadas, alvo de intensa ocupação urbana, o que persiste até a atualidade. Tendo em vista este quadro, esta pesquisa tem como objetivo, identificar os principais fatores de predisposição do terreno para formação de dolinas no Bairro de Cruz das Armas, João Pessoa, Paraíba e os riscos que o mesmo impõe para a população local. Para isso, foram levantados dados sobre o embasamento geológico e a morfologia do terreno. Como produto obteve-se um Modelo Digital do Terreno, por meio do qual foi possível visualizar evidências de subsidência do relevo local. Além disso, a constituição geológica da área, composta eminentemente pelas Formações Barreiras e Gramame, reforçou esta idéia. Concluiu-se que, os planos de falha existentes nos calcários da Formação Gramame contribuem para percolação da água desencadeando uma reação química capaz de diluir o calcário, dando origem a dolinas de dissolução.

**Palavras-Chave:** Dolinas, Formação Gramame, Bairro de Cruz das Armas, João Pessoa, Paraíba.

### **Abstract**

Evidences of dolines are quite common in the João Pessoa city, Paraíba. The dolines are considered closed depressions, circulars, associated with the topographical dissolution assisted by sub-surface karst phenomena, characterizing a buried karst. As well as the slopes, the terraces of river and the meadows, karst plots were for many decades, the target of intense urban occupation, which persists until today. In front of situation, this research has with objective to identify the principal factors of terrain predisposition for formation of dolines in the Cruz das Armas District (João Pessoa City, Paraíba State), and the risks that it requires for the local population. For this, were raised data about the underpinning geological and the morphology of terrain. As final product was obtained a Digital Terrain Model (DTM), by means of which it was possible to visualize evidences of subsidence of the local relief. In addition, the geological constitution of area, eminently composed by Barriers and Gramame



Formation, reinforced this idea. Finally, concluded that, the plans of existents fails in calcareous of Gramame Formation contribute to water percolation initiate a chemical reaction able to dilute the calcareous, giving rise to dolines dissolution.

Key Words: Dolines, Gramame Formation, Cruz das Armas District, João Pessoa, Paraíba.

## INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira (1997) o carste é caracterizado como uma zona potencial de riscos geotécnicos, à medida que a ocupação desordenada pode acelerar o processo de colapso e subsidência do solo urbano. Este tipo de modelado se desenvolve sobre áreas constituídas por rochas calcárias e dolomíticas que possuem como característica principal a fácil dissolução quando posta em contato com a água.

Um dos parâmetros mais importantes na identificação do relevo cárstico é a sua própria morfologia. Em geral, apresentam-se como estruturas em semicírculo, bastante deprimidas em relação ao nível de base de local, podendo ser classificada como uma bacia fechada.

Outro fator importante para a identificação deste tipo de relevo diz respeito ao seu processo de formação, evidenciado pela susceptibilidade da rocha à dissolução química. Casseti (1994) descreve o processo de dissolução das rochas carbonáticas através das seguintes etapas: (i) ocorrência do intemperismo químico (processo de carbonatação), (ii) reação entre minerais carbonatados e ácido carbônico e, por fim, (iii) a incorporação do dióxido de carbono proveniente da atmosfera terrestre por meio da água.

Para Kohler (2007), a reação que contém a água como agente degradante das rochas calcárias, ocorre a partir da retenção do gás carbônico por meio da água, reagindo em contato com o calcário e formando bicarbonato de cálcio, substância esta, bastante solúvel.

O constante contato entre a água e estas rochas produz diversas aberturas que podem se manifestar através de formas endocársticas e exocársticas. Exemplos típicos de formas endocársticas são as cavernas. As formas exocársticas ocorrem por meio de um processo que envolve a concentração de água e conseqüente dissolução do calcário, formando feições como dolinas e uvalas, sendo esta última uma espécie de coalescência das dolinas.

Bigarella et al. (1994), distinguem as dolinas como sendo feições desenvolvidas na zona de absorção das águas, tendo em vista que, o baixo grau de infiltração aumenta o nível de saturação da superfície, desencadeando o aumento do grau de dissolução.



Karmann (2000) considera que as dolinas são associadas a drenagens centrípetas e representam feições de relevo bastante típicas de drenagens cársticas, podendo se manifestar como dolinas de colapso e dolinas de dissolução, variando em diâmetro e profundidade.

Outro fator muito importante que age determinando o grau de dissolução das rochas em ambientes cársticos é o clima. Geralmente em regiões tropicais ocorre dissolução elevada, enquanto na zona temperada ocorre dissolução em grau menor, pois a temperatura da água influencia diretamente no gradiente de dissolução.

Outra típica manifestação de relevo cárstico são os pseudocarstes. Kohler (2007) conceitua pseudocarste como sendo uma feição topográfica do tipo carste, não elaborada por processos de desgaste químico e abatimento físico. Para Bigarella (1994), são todas aquelas feições que apresentam formas típicas de terrenos cársticos como: marmitas, uvalas etc., sem precisar necessariamente ser elaborada em rochas calcárias, ao contrário, podem ocorrer em arenitos ou quartzitos. Isto nos leva a crer que a conceituação de carste está mais ligada à morfologia do que aos processos de origem do mesmo. Hart (2003, p.165) reforça esta idéia quando afirma que: “[...] a definição de carste deve ser estabelecida apenas em termos morfológicos independente do processo de formação. Esta definição não depende da litologia ou dos processos formadores, mas se atem as formas”.

Nas áreas onde ocorrem pseudocarstes, são encontradas evidências que caracterizam este ambiente como sendo um ambiente de natureza cárstica, a exemplo de diaclases, marmitas, caldeirões e cachoeiras. Estas fraturas fazem parte de um processo inicial de transformação da paisagem, iniciado pelo intemperismo físico, seguido da ação do intemperismo químico e biológico. Neste sentido, a água é um agente que possui importante participação no processo de formação do ambiente cárstico, conforme afirma Hardt (2008, p.1297): “O carste é um tipo de paisagem, onde o intemperismo químico, através da dissolução da rocha encaixante, determina as formas de relevo”.

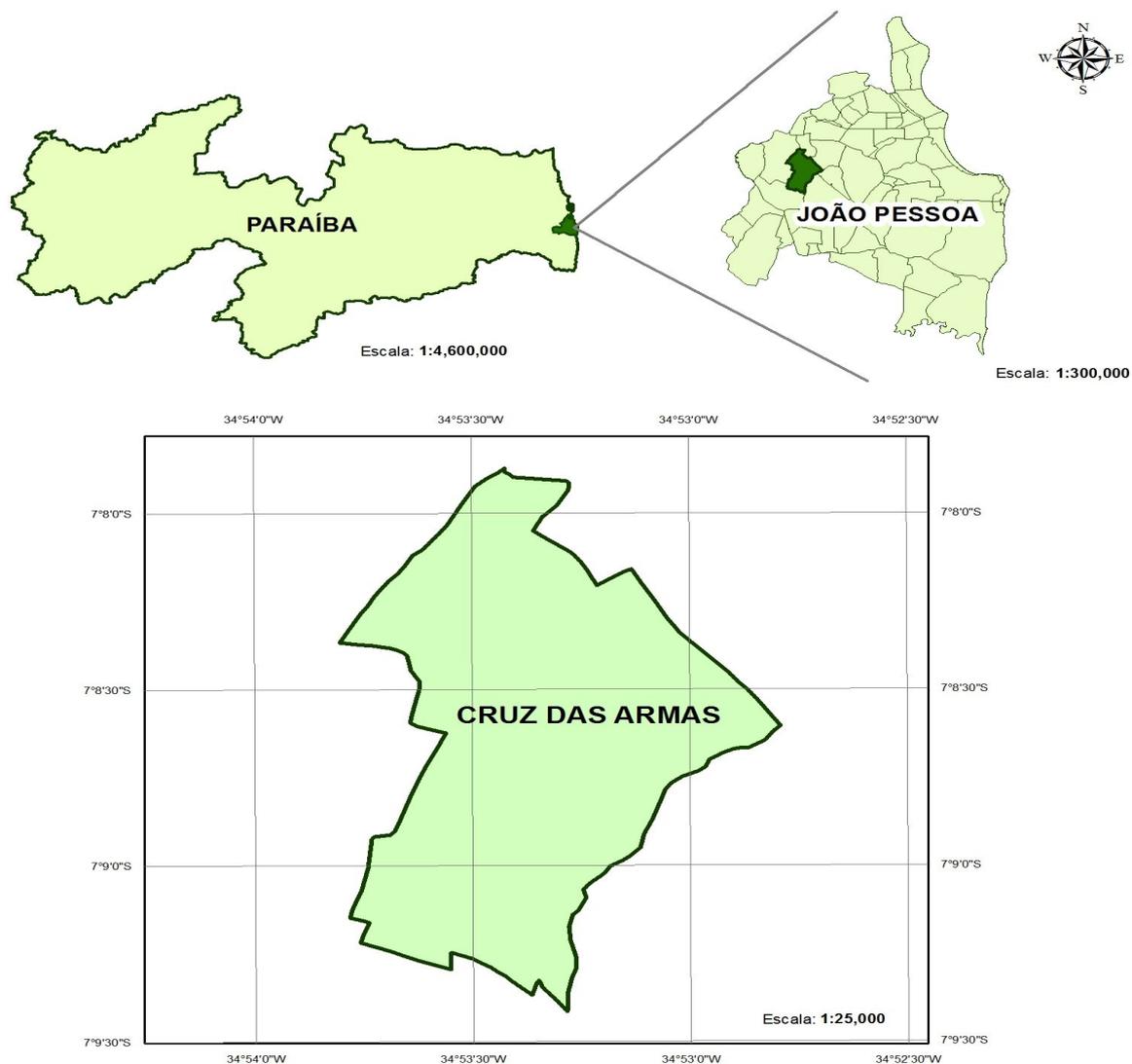
A ação do intemperismo físico também se constitui como de bastante importância para a formação de ambientes cársticos, a partir do momento em que abre caminho para ação direta dos agentes químicos e biológicos, acelerando o processo de desintegração da rocha exposta (Toledo et al., 2000).

## **LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O Bairro de Cruz das Armas está localizado na Mesorregião da Mata Paraibana, que abrange a Microrregião e Município de João Pessoa. Situa-se aproximadamente entre as



coordenadas UTM 0291716W e 9210372W, entre os limites dos Bairros de Jaguaribe ao norte, Oitizeiro a sul a leste com o Cristo Redentor e a oeste com o Ilha do Bispo. Sua altitude máxima em relação ao nível do mar chega os 52 metros.



**Figura 1.** Mapa de Localização do Bairro de Cruz das Armas

O Bairro de Cruz das Armas é um dos bairros mais antigos da cidade de João Pessoa, sua origem remota aproximadamente da segunda metade do Século XIX, associado a uma zona de interligação entre o centro da cidade, onde se originou a cidade, e as BR-230 e BR-101, constituindo-se como um importante setor de ligação entre João Pessoa e os outros municípios, até os dias atuais.

A ocupação mais acentuada veio a ocorrer de fato a partir da década de 50, coincidindo com o apogeu da expansão urbana, que se deu de forma bastante acelerada nos



Estados do Brasil e da América Latina. Neste período populações oriundas de cidades vizinhas, sobretudo do interior paraibano, passaram a ocupar diversos setores da Cidade de João Pessoa, inclusive o Bairro de Cruz das Armas. Neste entremeio foram ocupadas áreas impróprias como as várzeas e terraços fluviais do Rio Jaguaribe e as depressões cársticas (dolinas), que serão mais bem discutidas neste trabalho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Através de avaliação em trabalho de campo foi possível a primeira observação direta dos fenômenos cársticos em um ponto da área de estudo, através da qual tornou-se evidente o acentuado desnível do terreno em relação as adjacências. Para corroborar esta hipótese foram levados em consideração informações sobre geologia do terreno e de altimetria. Os dados geológicos foram extraídos do Mapa Geológico da Paraíba publicado pelo CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no levantamento sobre a Geologia e os Recursos Minerais do Estado da Paraíba (2002). Os dados altimétricos foram obtidos através das imagens do Radar Interferométrico SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) contidas na folha 07\_36\_ZN, disponível no (TOPODATA) Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil do (INPE) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, na página: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

Para coleta das coordenadas de localização e mapeamento das estruturas cársticas, foi utilizado equipamento GPS modelo MAP 76S. As informações coletadas foram processadas em ambiente SIG.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através das informações do Radar SRTM foi possível construir um MDT (Modelo Digital do Terreno), hierarquizando 16 classes de altitude. Esta informação auxiliou na identificação e compartimentação geomorfológica do Bairro de Cruz das Armas, onde, através da qual tornou-se possível a construção de um perfil topográfico da área no intuito de avaliar os desníveis acentuados do terreno. As informações sobre o embasamento geológico serviram para corroborar a identificação dos fenômenos observados.

Após os procedimentos de trabalho de campo e gabinete, foi possível identificar a existência de um forte desnível existente no setor centro-sul do Bairro de Cruz das Armas, mais precisamente entre as coordenadas UTM 291454W e 9209530S, numa área popularmente denominada como Lagoa Antônio Lins. Este forte desnível do terreno encontra-

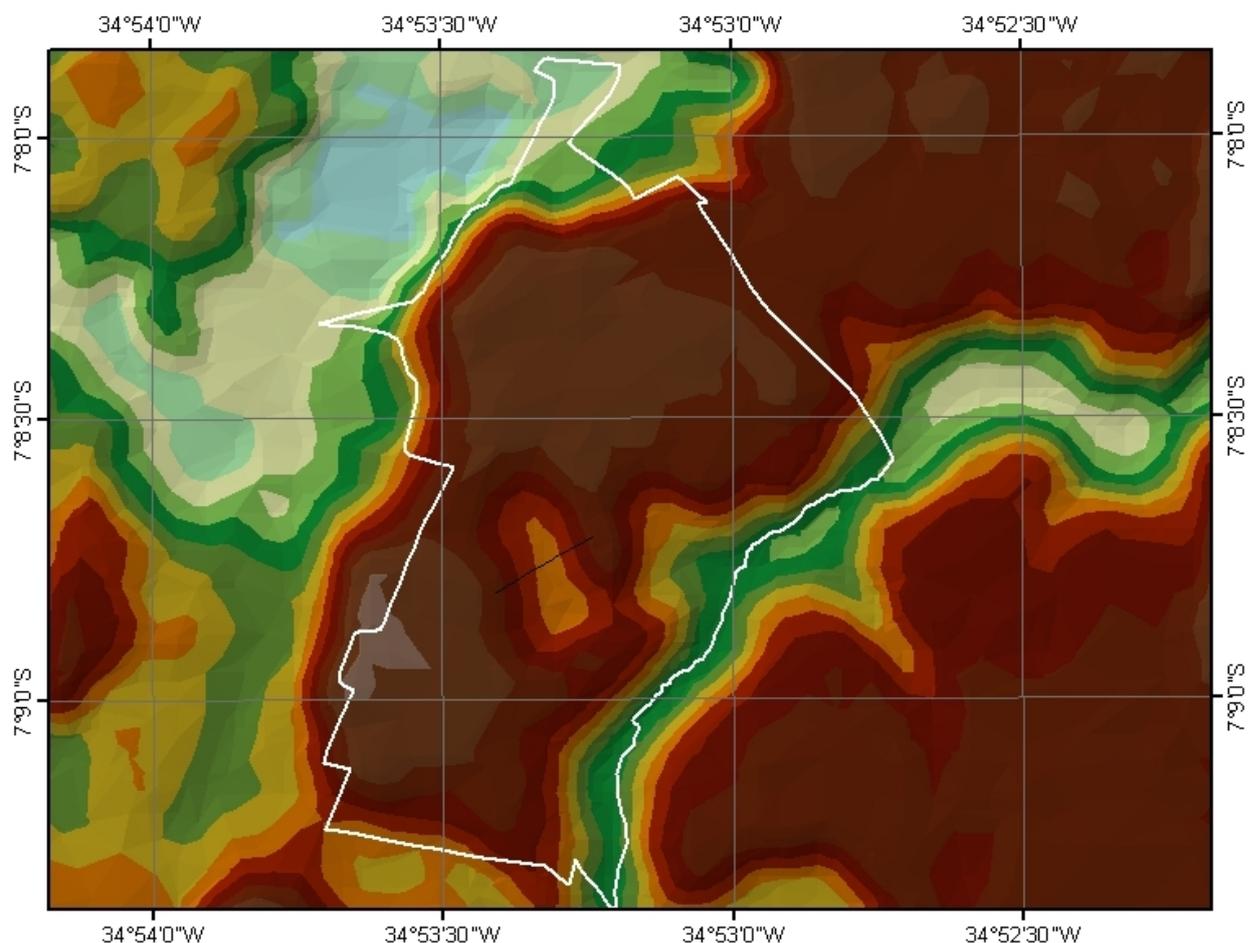


se num ponto onde provavelmente as cotas altimétricas tenderiam a apresentar-se semelhantes, deixando claros indícios de uma forte subsidência. Tipos de morfologia desta natureza caracterizam em grande parte dos casos o que denomina-se de bacia fechada, levando a reforçar a hipótese de existência de uma dolina.

Ainda é possível observar que a área de estudo se encontra totalmente assentada sobre uma unidade morfológica composta por um Tabuleiro amplamente dissecado em suas margens e com possíveis zonas de ressurgência cárstica, representadas pelas Lagoas do Buracão no Bairro do Oitizeiro e três Lagoas nas margens da BR-230, próximo ao Bairro Funcionários II, ao sul da área de estudo.



## Modelo Digital do Terreno - Bairro de Cruz das Armas

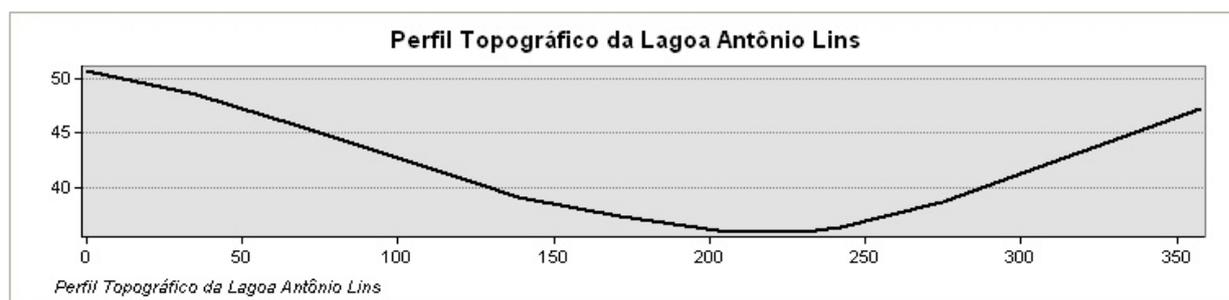


### Altitudes

66,11 - 70,92	42,06 - 46,87	18,01 - 22,82
61,3 - 66,11	37,25 - 42,06	13,2 - 18,01
56,49 - 61,3	32,44 - 37,25	8,39 - 13,2
51,68 - 56,49	27,63 - 32,44	3,58 - 8,39
46,87 - 51,68	22,82 - 27,63	-1,23 - 3,58



0 600 1.200 Meters



**Figura 2.** Modelo Digital do Terreno do Bairro de Cruz das Armas, João Pessoa, Paraíba



## Caracterização geológica e geomorfológica

O Bairro de Cruz das Armas encontra-se totalmente inserido sobre os tabuleiros dissecados da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, Sub-bacia Alhandra, onde estão inseridas as respectivas unidades litoestratigráficas Beberibe, Gramame, Maria Farinha e Barreiras. É importante ressaltar que, o entendimento da interação dinâmica entre ambas as camadas é de substancial importância para a compreensão da gênese de dolinas, exclusivamente no tocante às Formações Gramame e Barreiras.

A unidade litoestratigráfica basal da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba é denominada de Formação Beberibe. Essa unidade é representada por um espesso pacote de arenitos com granulação variável e com espessuras médias de 230 a 280 m, e máxima de 360 m (Leal e Sá, 1998).

Superposta à Formação Beberibe, repousa de forma concordante a Formação Gramame. Essa unidade carbonática de ambiente marinho raso possui espessura média inferior a 55 m, dos quais mais de dois terços são representados por calcários argilosos cinzentos (Leal e Sá, 1998). Esta camada foi depositada a partir da subsidência lenta do continente e conseqüente elevação do nível do mar no Paleoceno (Cretáceo Superior), há aproximadamente 60 M.a.

A Formação Maria Farinha representa a continuação da sequência calcária da Formação Gramame, sendo diferenciada apenas pelo seu conteúdo fossilífero, que é considerada de idade paleocênica-eocênica inferior (Mabesoone, 1994). Apresenta espessura máxima de 35 m, provavelmente erodida em parte pela exposição subaérea interior à deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras (Leal e Sá, 1998).

Recobrimo de forma discordante o embasamento cristalino pré-cambriano e as rochas sedimentares do Grupo Paraíba da Bacia Sedimentar Pernambuco Paraíba, encontram-se os sedimentos areno-argilosos mal consolidados da Formação Barreiras.

Os sedimentos da Formação Barreiras provêm basicamente dos produtos resultantes da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino, localizado mais para o interior do continente. No Estado da Paraíba, este embasamento é composto pelas rochas cristalinas do Planalto da Borborema. Gopinath, Costa Júnior (1993) em análises sedimentológicas realizadas na Formação Barreiras, no Estado da Paraíba, constataram que as fontes dos sedimentos seriam granitos, gnaisses e xistos, que são litologias predominantemente do Planalto da Borborema.

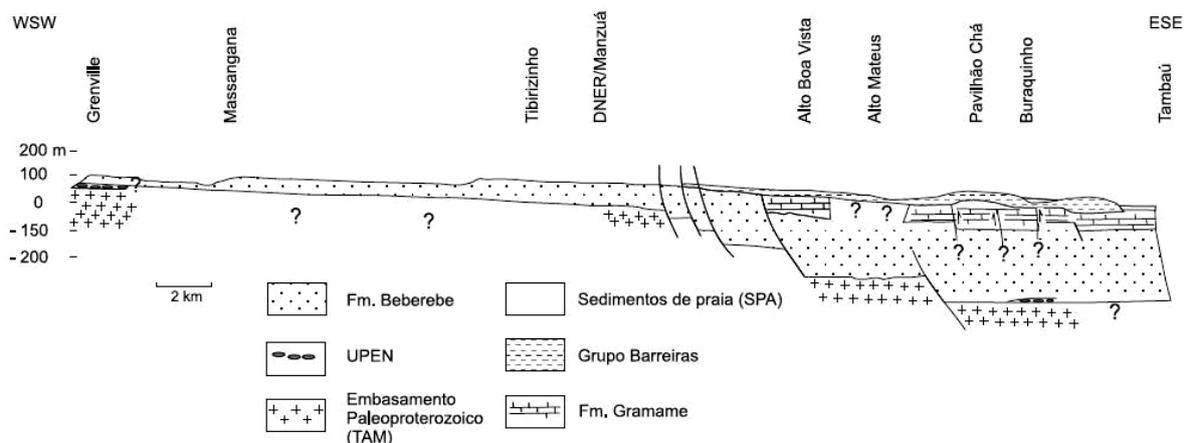


A disposição dos calcários na área metropolitana de João Pessoa apresenta estratificação sub-horizontal, não muito pronunciada, grosseira, em bancos ou então formando massas compactas, apresentando fraturamentos e dissolução subterrânea (Lummertz, 1977). Estes planos de falha contribuem para percolação da água desencadeando uma reação química capaz de diluir o calcário, dando origem a dolinas de dissolução (Fig. 4).

Em diversas regiões da cidade de João Pessoa formam-se dolinas, que se originam a partir do abatimento do calcário em sub-superfície, resultando na subsidência lenta da Formação Barreiras (Melo et al., 2001).

Estas feições podem ser denominadas como Bacias Fechadas, pelo fato de que, o escoamento superficial que se acumula em seu interior, não se comunica por meio de uma rede superficial com outros cursos d'água. No entanto, tipicamente, possuem a capacidade de criar ressurgências, tendo a capacidade de exercer contato com rios e lagos mais próximos.

As bacias fechadas são unidades bastante susceptíveis a enchentes, em decorrência de suas características morfológicas, tornando-as bastante vulneráveis a ação antrópica.



**Figura 3.** Seção geológica W-E na porção do Condomínio Grenville (Rodovia BR-230 – Tabuleiro das Lagoas – Graben João Pessoa) para a Praia de Tambaú, baseada em dados de vários poços tabulares profundos.

**Fonte:** Brito Neves et al., (2009).

A Formação Gramame chega a alcançar 20 km de extensão no sentido leste-oeste da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba. Sua abrangência contempla amplamente a área de estudo, abrangendo um dos maiores pontos de extração de calcário da Paraíba, situado na da Empresa CIMPOR (Grupo Cimento Português).



**Figura 4.** Indústria de Cimento CIMPOR  
**Fonte:** Satélite Digital Globe (Software Google Earth 5.0)

### O Caso da Lagoa Antônio Lins

A Lagoa Antônio Lins está localizada entre as coordenadas UTM 291454W e 9209530S UTM, e faz parte de um sistema de dolinas que abrange o Bairro de Cruz das Armas e diversas áreas adjacentes, à exemplo da Lagoa do Buracão (Bairro do Oitizeiro), Cinco Lagoas (Bairro Cristo Redentor) e Três Lagoas (nas imediações da BR-230)..

A formação de depressões fechadas, circulares, neste ponto, estão associadas à dissolução topográfica coadjuvada por fenômenos cársticos de sub-superfície (carste inumado), conforme explicitado anteriormente.

Um dos problemas enfrentados pelos moradores desta localidade têm sido as constantes enchentes em períodos de chuva, fruto não apenas dos índices de intensidade pluviométrica, mas também do intenso assoreamento ao qual foi submetida esta dolina. Dentre outros riscos, destacam-se os relacionados à saúde humana, proporcionando aos seus moradores uma vulnerabilidade mediante as pragas e epidemiologias, que se desenvolvem em condições precárias de moradias e frente à ausência de saneamento básico.

Na porção restante da Lagoa, que já teve uma extensão muito maior no passado, é possível averiguar um contínuo processo de assoreamento, deixando a área totalmente coberta por vegetação, além dos dejetos que são lançados diariamente em seu interior.



**Figura 5.** Assoreamento no interior da Lagoa Antônio Lins.

## CONCLUSÃO

A dinâmica geológica e geomorfológica do Bairro de Cruz das Armas é comum à diversos pontos da cidade de João Pessoa – PB. A disposição das Formações Gramame e Barreiras predisuseram o terreno a uma dinâmica impar no tocante a formação do relevo, provocando a subsidência do terreno através da percolação de água nos planos de falha do calcário e seu conseqüente abatimento em sub-superfície.

É importante ressaltar que a expansão urbana representa um risco geotécnico para as populações que estão assentadas sobre esta litologia, o principal deles é o risco à enchentes, tendo em vista que a maioria, se não todas as dolinas existentes em toda a cidade, a principio, são dolinas formadas por dissolução, diferentemente de uma feição formada por abatimento, chegando a representar riscos de desabamento.

De toda forma, estas áreas necessitam ser preservadas tendo em vista sua fragilidade do ponto de vista ambiental.

## REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Vols. I e II. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.



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 – USP, Série Científica, São Paulo, v. 9, n. 2, p.63-87, 2009.

CASSETI, V. Elementos de Geomorfologia. Goiânia: Editora UFG, 1994.

FURRIER, M. Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha João Pessoa – 1:100.000. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GOPINATH, T. R.; COSTA, C. R.S; JÚNIOR, M. A. S. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLÓGIA DO NORDESTE, 15., 1993. Natal. Atas...Natal: SBG/Núcleo Nordeste, 1993. P.47-48. v. 1.

HART, R. Carste em arenito: considerações gerais. Anais. XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Januária – MG, 2003.

HART, R. Sistema Cárstico e impactos antrópicos: considerações sobre manejo. 1º IMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.

KARMANN, I. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Texto, 2000.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica. In: GUERRA, A. T. G. & CUNHA, S. B. Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

LEAL E SÁ, L. T. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. 1998. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

LUMMERTZ, F. B. Aspectos da hidráulica subterrânea na área da Grande João Pessoa. Dissertação (Mestrado) UFPE/Escola de Geologia, Recife, 1977.

MABESOONE, J. M.; Sedimentary basins of northeast Brazil. Recife UFPE/CT/DG, 1994. 310 p. (Publicação Especial)



MELO, A. S. T.; ALVES, E. L.; GUIMARÃES, M. M. M. Riscos ambientais: erosão e poluição. In: MELO, A. S. T.; ALVES, E. L.; RODRIGUEZ, J. L.; TAVARES, M. A.; DANTAS, M. A. C.; GUIMARÃES, M. M. M.; GOMES, R. L. P.; HECKENDORFF, W. D. (Org.). Projeto de pesquisa: vale do Jaguaribe. João Pessoa: Editora Unipê, 2001. p. 99-158.

OLIVEIRA, L. M. A gestão de riscos geológicos urbanos em áreas de carste. Monografia de Especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano (PUC-PR): Curitiba, 1997.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e Formação do Solo. In: TEIXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Texto, 2000.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.