

---

## **Cartografia geológica e geoambiental da Beira, Moçambique, à escala 1:50000 – resultados preliminares**

### ***Geological and Geoenvironmental Mapping of Beira, Mozambique, at 1:50000 scale – preliminary results***

**R. DIAS** – ruben.dias@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**J. T. OLIVEIRA** – tomas.oliveira@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**E. C. RAMALHO** – elsa.ramalho@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**M. J. BATISTA** – joao.batista@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**J. FERNANDES** – judite.fernandes@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**L. QUENTAL** – lidia.quental@lneg.pt (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
**D. MILISSE** – dinomilisse@yahoo.com.br (Direcção Nacional de Geologia de Moçambique)  
**V. MANHIÇA** – vjmanhica@hotmail.com (Direcção Nacional de Geologia de Moçambique)  
**U. USSENE** – (Direcção Nacional de Geologia de Moçambique)  
**G. CUNE** – graciocune@gmail.com (Direcção Nacional de Geologia de Moçambique)  
**E. X. DAUDI** – exfdaudi@gmail.com (Direcção Nacional de Geologia de Moçambique)

**RESUMO:** A Carta Geológica e Geoambiental da Beira na escala 1/50000 tem vindo a ser elaborada desde 2007 no âmbito de um projecto de cooperação entre a DNG de Moçambique, o LNEG de Portugal e o IPAD. Alguns dos seus objectivos consistem na identificação e caracterização das diferentes unidades geológicas e respectiva representação cartográfica, reconhecimento dos processos geológicos naturais actuais e avaliação dos problemas ambientais da cidade ao nível da contaminação de águas e solos, recorrendo para tal a um conjunto de metodologias integradas. Apontam-se aqui alguns resultados preliminares.

**PALAVRAS-CHAVE:** geologia, detecção remota, hidrogeologia, geoquímica, geofísica, ambiente, Moçambique.

**ABSTRACT:** *The Geological and Geoenvironmental Map of Beira at 1/50000 is being carried out since 2007 as a cooperation project between Direcção Nacional de Geologia de Moçambique, the Laboratório Nacional de Energia e Geologia de Portugal and the Instituto de Apoio ao Desenvolvimento Português. Some goals of this map are the identification, characterization and mapping of the different geological units and to evaluate the city environmental problems regarding water and soil contamination, through integrated methodologies. Some considerations and preliminary results are pointed out in this work.*

**KEYWORDS:** *geology, remote sensing, hydrogeology, geochemistry, geophysics, environment, Mozambique.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Carta Geológica e Geoambiental da Beira na escala 1/50000 tem vindo a ser elaborada desde 2007, no âmbito de um projecto de cooperação entre Moçambique e Portugal. Pretende vir a constituir uma ferramenta de suporte à implementação de políticas governamentais, uma vez que tem como objectivo identificar as unidades geológicas e a sua representação cartográfica e

efectuar uma avaliação dos problemas ambientais da cidade ao nível da contaminação de águas e solos (em particular dos decorrentes da exploração do porto da Beira) e como consequência de processos geológicos naturais, dos quais se destacam a erosão e acreção costeira e as intrusões salinas, recorrendo para tal a um conjunto de metodologias interdisciplinares de investigação em geociências.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A cidade da Beira localiza-se na margem esquerda da foz do Rio Púnguè, que ao desaguar no Oceano Índico desenvolve uma planície aluvial, terminando num delta submarino. A cidade localiza-se sobre uma planície aluvionar com uma suave inclinação para SE (Fig. 1). Na região estudada afloram, da base para o topo, a Formação (Fm) Mazamba (Pliocénico), a Formação Dondo e terraços fluviais (Plistocénico), eluviões e aluviões, cordões litorais, dunas e areias de duna (Holocénico) (Moura *et al.*, 1968).

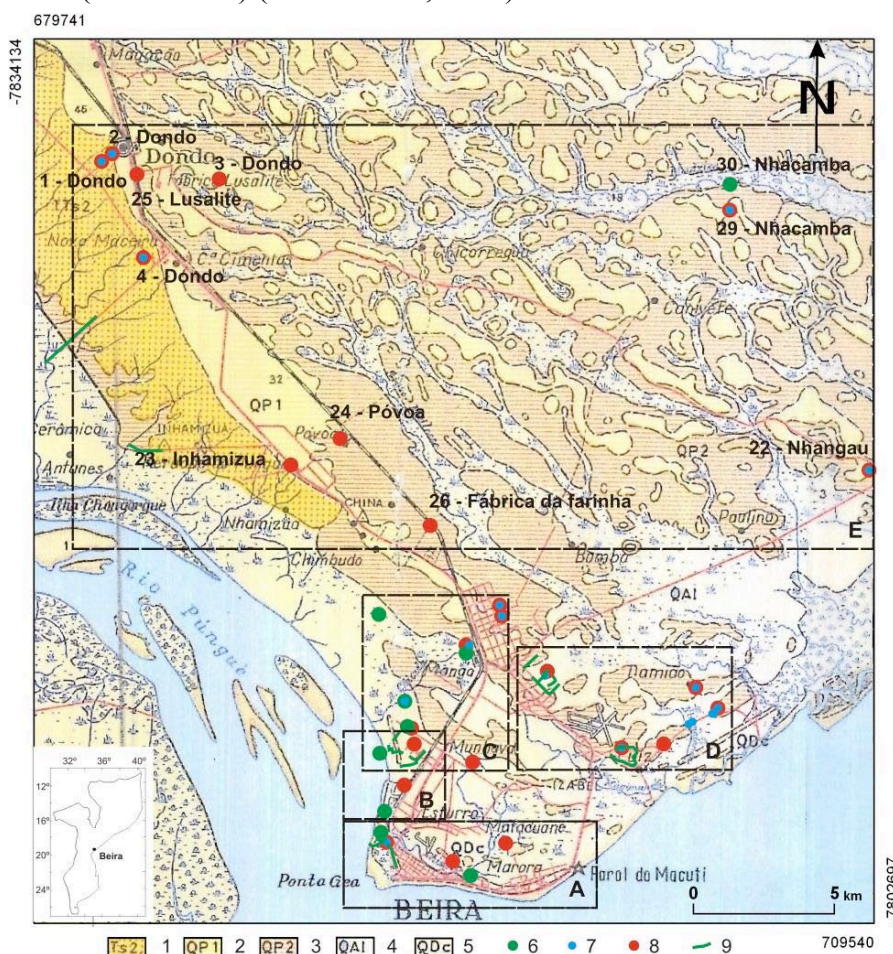


Figura 1 – Carta Geológica da Beira (modificado de Moura *et al.*, 1968), incluindo a implantação das áreas de trabalho e pontos amostrados.

### Legenda:

- 1) Ts2 – Fm Mazamba;
- 2) QP1 – Fm Dondo;
- 3) QP2 – Eluviões;
- 4) QA1 – Sedimentos fluviais;
- 5) QDc – Cordões litorais e dunas costeiras e praias;
- 6) Sedimentos;
- 7) Pontos de água subterrânea;
- 8) Solos;
- 9) Perfis geofísicos.

As áreas A, B C e D referem-se a zonas altamente populosas (Porto da Beira – área B, Aeroporto – área D) e zonas menos populosas (área E).

A Fm Mazamba, com espessura desconhecida, é constituída por arenitos arcósicos, médios e grosseiros, de cor cinzenta esverdeada, com intercalações métricas de lutitos e conglomerados, estes últimos com origem no escudo Precâmbico localizado a NW da área em estudo. A unidade apresenta por vezes níveis calichificados e/ou dolomitizados e concreções de ferro, manganês e carbonatadas. Ocasionalmente, observam-se mesmo couraças ferruginosas. Sobre esta assenta a Fm Dondo, cuja espessura é inferior a 10 m, sendo constituída por arenitos de grão médio a fino, por vezes pouco consolidados, de cor vermelha alaranjada, com intercalações de argilas. Ocorrem concreções de ferro e manganês, por vezes, mesmo couraças ferruginosas. Estes arenitos são frequentemente explorados para a construção, por vezes de uma forma desordenada e ilegal. A morfologia muito plana da área em estudo, o fraco encaixe da rede de drenagem, com

a ocorrência de linhas de água anastomosadas e o recuo das cabeceiras, originaram uma morfologia peculiar próximo da linha de costa, com a formação de zonas mais elevadas, de forma circular, onde as unidades, normalmente a Fm Dondo, permanece como testemunho. Nas zonas rebaixadas devido à erosão das unidades subjacentes, ocorrem eluviões que correspondem à destruição *in situ* destas unidades. Nas linhas de água existem aluviões que também resultam do mesmo processo. Num modo geral, nas elevações ocorre vegetação arbórea e nas outras zonas capim ou mato.

Os sedimentos fluviais resultantes do Rio Púnguè consistem principalmente em lodos escuros com intercalações métricas de areia fina, formando uma planície de inundação extensa com pequenas lagoas. Na zona nordeste da área em estudo, existem ainda sedimentos fluviais muito pouco desenvolvidos resultantes de uma rede de pequenos ribeiros NW-SE, que secam na estação seca, mas que na estação húmida por vezes não atingem a costa, acumulando-se numa vasta planície de inundação. Ocorrem ainda acumulações de lodos (“matope”) e siltes durante as marés-altas, formando ilhas barreira onde se desenvolvem mangais. Estes ocorrem também, em pequenas lagunas, nas dunas costeiras e praias ao longo da costa. Com o tempo, estas lagunas deixam de ter influência marinha, com a correspondente morte dos mangais, sendo utilizadas para a plantação de arroz.

Parte da cidade da Beira foi construída sobre zonas dunares e outra sobre zonas pantanosas. É de salientar que a erosão na zona da foz, na margem esquerda do rio e no litoral, na zona entre Ponta Gea e o farol de Macuti, causada pela acção combinada das correntes marinhas e correntes tidais, constitui actualmente uma grande preocupação para as autoridades Moçambicanas.

### 3. METODOLOGIAS UTILIZADAS

Foi utilizado um conjunto de metodologias interdisciplinares que, numa primeira fase, envolveu a análise detalhada de imagens de satélite multiespectrais LANDSAT e ASTER, fotografia aérea e os mapas topográficos existentes, que permitiram comprovar o regime acrecionário do rio Púnguè e as modificações da linha de costa. As imagens de satélite permitiram ainda definir a classificação da ocupação do solo baseada nas classes do Corine Land Cover (CLC) adaptadas neste trabalho para regiões tropicais. Para as águas e os solos, efectuou-se um planeamento dos locais de amostragem com uma distribuição que fosse representativa das suas áreas de origem (Fig. 1). No terreno, realizaram-se: i) levantamentos geológicos regionais para a identificação e caracterização das unidades geológicas e actualização da Carta Geológica da Beira, ii) validação das classes obtidas a partir da análise e processamento das imagens de satélite, iii) colheita de solos e sedimentos de linhas de água e de canal para caracterização geoquímica e análise qualitativa dos compostos orgânicos, iv) colheita de amostras de águas subterrâneas para caracterização hidrogeoquímica, microbiológica e da contaminação por compostos orgânicos e inorgânicos e v) prospecção geofísica de superfície pelo método electromagnético Geonics EM-34 nas áreas ambientalmente críticas A, B e D (Fig. 1) ou que requeriam informação adicional.

### 4. RESULTADOS PRELIMINARES

A partir dos dados de campo e do estudo de Detecção Remota foi possível identificar unidades geológicas e geoambientais e elaborar um esboço preliminar da Carta Geoambiental. Nos bairros populacionais densamente povoados das zonas suburbanas limítrofes da cidade, como é o caso das zonas da Manga e da Munhava, classificadas como *Discontinuous Urban Fabric* (classes CLC) pelo tipo de construção em adobe e ruas em terra batida (Fig. 2a), os solos encontram-se particularmente expostos a metais pesados e respectiva dispersão, apresentando elevada vulnerabilidade. Parte dos bairros da Manga e Munhava-Matope são apontados como mais vulneráveis a nível ambiental, com as concentrações de Cu, Pb e Zn superiores nos solos superficiais, se bem que existam excepções. Em Munhava-Matope, estes valores podem estar

relacionados com a proximidade da lixeira da cidade, que, na estação seca, transporta poeiras com elevada concentração de metais pesados e, na estação húmida, está frequentemente inundada, que poderá dar origem à sua lixiviação e deposição noutros locais. O “matope”, constituído por solos aluvionares de granulometria muito fina, é muito abundante nesta zona e provavelmente também adsorve catiões, reduzindo, assim a sua mobilidade. Na generalidade das áreas, em especial nas zonas mais populosas, as concentrações de elementos químicos inorgânicos nos solos não estão, contudo, reflectidas nas águas subterrâneas. As zonas menos populosas registam valores baixos de Cu, Pb e Zn, mas a concentração em Cr é elevada nos solos superficiais e nos horizontes mais profundos, o que poderá estar relacionado com a sua origem nos complexos máficos e gneisso-granulíticos do Proterozóico localizados a montante do rio Púnguè. As baixas concentrações em metais pesados, à excepção do Cr, poderão ter explicação nas inundações frequentes que aqui ocorrem na estação húmida. As “machambas” (Fig. 2a) de Manga-Mascarenhas mostram que, embora as concentrações de Cu, Pb, Zn e Cr nos solos sejam baixas, algumas plantas parecem acumular Zn, embora em concentrações não tóxicas.

O abastecimento de água é feito por poços superficiais (Fig. 2b) e furos até 40 m de profundidade, com excepção da zona central da cidade, abastecida por água captada no rio Púnguè, a cerca de 60 km a norte. Captam o aquífero multicamada, livre a semi-confinado, instalado na Fm Dondo e na Fm Mazamba, pouco produtivo devido a espessas intercalações argilosas. Os caudais variam entre os 0,7-1,6 m<sup>3</sup>/h. O nível freático é muito superficial, entre 1 a 7 m de profundidade, no final da época seca. A maioria das águas é do tipo cloretada sódica, com pouco oxigénio dissolvido (0,8-3,4 mg/L), pH ácido (5,14-6,43) e Eh de -0,85 a 270 mV. A lavagem de roupa junto aos poços justifica os compostos de degradação dos detergentes (Octilfenol e Nonilfenol) detectados e a forte correlação (R=0,94) entre o B e PO<sub>4</sub>. Os solos são fertilizados com cinzas, pelo que a concentração do NO<sub>3</sub> é baixa. Não foram encontrados organismos patogénicos.



Figura 2 – a) Bairro dos arredores da cidade da Beira, com pequenas hortas de subsistência (“machambas”). b) Poço superficial de abastecimento público equipado com bomba manual (“dingo”).

A prospecção geofísica foi efectuada (Fig. 1) com o objectivo de tentar compreender a origem da água salobra e frequentemente salgada que por vezes é captada na zona do aeroporto, a profundidades da ordem dos 30 a 40 m. Os resultados obtidos, ainda preliminares, sugerem a existência de água salgada aprisionada em camadas lenticulares descontínuas nestas profundidades, que poderão ter origem em antigos braços do delta do Rio Púnguè.

## Referências

- Moura, A. R, Rebolo, J. R, Ferro, B. P., Afonso, R. S.; Barrocoso, A. F.; Carneiro, A., Arruda, L., Borges, A. H., Rocha, M., Oberholzer, W. F. 1968. Carta Geológica, Província de Moçambique, Folha Sul-E-36 X, Beira-Vila Machado, na escala 1/250 000. Edição dos Serviços de Geologia e Minas da Província de Moçambique, Lourenço Marques.