

Para que serve uma carta geológica: o exemplo da Carta Geológica de Maputo

José Tomás Oliveira, Ruben Pereira Dias, Aurete Pereira, Gabriel Balate

1. Breve resumo da geologia da região de Grande Maputo

A Carta Geológica de Maputo, na escala 1:50 000, e a respectiva Notícia Explicativa foram impressas em 1995-1996. Nesta última, estão descritas as metodologias usadas nos levantamentos geológicos que conduziram à identificação e caracterização das unidades geológicas representadas na região, pelo que aqui se faz unicamente um resumo da geologia regional.

A preparação e publicação desta Carta assume significado especial por ser a primeira carta geológica publicada em Moçambique a esta escala, e também por ser o primeiro projecto concluído no âmbito da cooperação entre a Direcção Nacional de Geologia de Moçambique, o Instituto da Cooperação Portuguesa e o Instituto Geológico e Mineiro de Portugal.

A unidade geológica aflorante considerada mais antiga é a Formação de Ponta Vermelha, com idade atribuída ao Pliocénico - Plistocénico inferior (cerca de 2,5 milhões de anos), constituída por arenitos e siltitos pouco consolidados de cor clara, que para o topo passam a arenitos vermelhos, muito ferruginosos, endurecidos, com espessura total da ordem dos 20 m. Cartografia geológica mais recente, mostra que esta formação se prolonga para a região de Catembe, onde se divide em duas, a Formação de Ponta Vermelha propriamente dita, com cerca de 5 metros de espessura aflorante, correspondente aos arenitos ferruginosos, com idade atribuída ao Plistocénico inferior, e a Formação de Ponta Maona, subjacente, representada pelos arenitos, siltitos e finas passagens de microconglomerados, todos de cor rosada clara, frequentemente impregnados de carbonato de cálcio do tipo caliche, com 15-20 m de espessura e idade atribuída ao Pliocénico. Esta divisão aplica-se à área da Carta Geológica da cidade de Maputo, reinterpretada, (figura 1), sendo importante pelas implicações que tem em termos geotécnicos e geoambientais, como veremos adiante. Sobreposta à Formação da Ponta Vermelha ocorre uma sucessão argilo - arenosa, localmente com impregnações de carbonatos e com concreções ferruginosas, com 15-20 m de espessura, que foi dividida em duas unidades, respectivamente a Formação de Matola, em posição inferior, com representação reduzida na área da carta, e a Formação de Machava, com idade atribuída ao Plistocénico Superior (dada por artefactos humanos), que aflora na parte inferior das encostas do vale do rio Infulene.

Sobre as unidades anteriores ocorrem areias de dunas, fixas, tradicionalmente consideradas como dunas interiores, que na área da carta foram divididas na Formação Malhazine, constituída por areias avermelhadas, e Formação de Congolote, com areias de coloração mais clara. Entre as dunas ocorrem depressões, onde se desenvolve vegetação herbácea devido à presença de água, podendo mesmo formar-se pequenas lagoas. Ambas as unidades foram consideradas do Plistocénico Superior-Holocénico.

Na região litoral virada para a baía de Maputo há acumulação de aluviões arenosas e lodosas, em grande parte associadas a terraços do rio Incomati, assim como dunas actuais, móveis, cartografadas como Formação de Xefina, ambas do Holocénico. No vale do rio Infulene também se acumulam aluviões actuais, que são intensamente trabalhadas pela população que aí cultiva as suas machambas.

Merecem ainda destaque, o lineamento da Polana, sublinhado por uma arriba, bem marcada na colina de Maputo (figura 1), que segue com direcção NNE-SSW até Marracuene, cuja origem foi associada a uma falha normal com abatimento do bloco oriental (Momade *et al.*, 1996), e a possível falha existente no vale do rio Infulene.

Ainda na Notícia Explicativa, são feitas referências à má qualidade da água retirada de poços e bombas que servem as populações dos arredores da grande cidade e a outros problemas ambientais, que serão abordados no ponto seguinte.

2. Para que serve a Carta Geológica

As cartas geológicas de uma dada região são documentos básicos que encerram informação indispensável para a exploração de eventuais recursos geológicos existentes, incluindo aqui as águas subterrâneas, para o desenvolvimento de infra-estruturas ligadas às obras públicas e, também, para a mitigação de problemas ambientais. Esta informação é particularmente necessária nas grandes áreas urbanas onde frequentemente o subsolo é utilizado para os mais variados fins, desde a construção civil, passando pela instalação de redes sanitárias, até à

cablagem ligada às comunicações electrónicas e à televisão por cabo. Modernamente, esta problemática tem vindo a ser objecto de estudo através da nova área científica conhecida por Geologia Urbana. As cartas geológicas servem de base para outras cartas temáticas, designadamente as cartas geotécnicas que incorporam cartografia específica relativa às litologias, permeabilidades, resistências e erodibilidades que os corpos rochosos evidenciam. Estas propriedades são determinadas através de ensaios geotécnicos específicos. Do cruzamento das cartas referentes a estas propriedades com a topografia resultam cartas de riscos naturais e de impacte ambiental, indispensáveis para o planeamento, o ordenamento e a gestão do território.

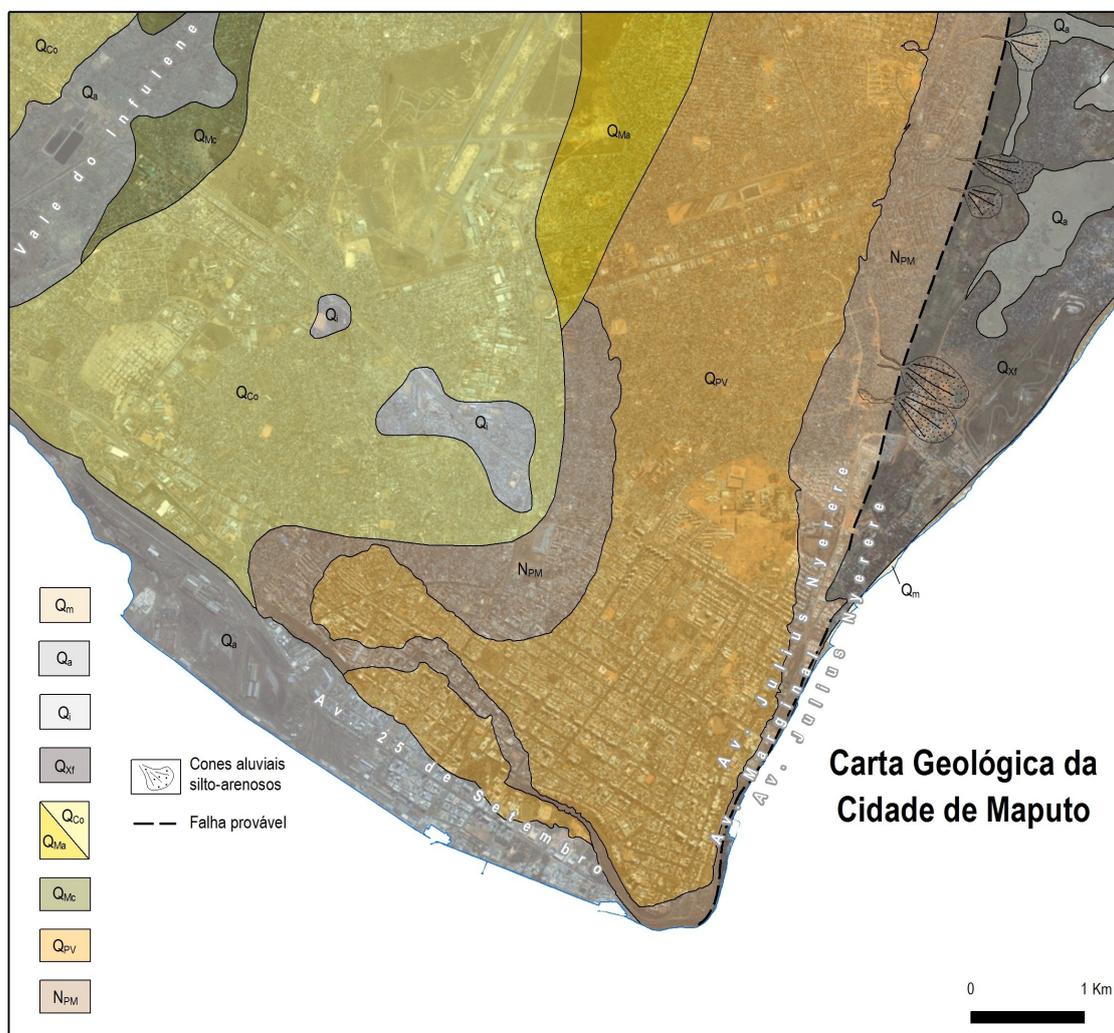


Figura 1. Carta geológica reinterpretada da cidade de Maputo, sobre imagem de satélite do serviço de mapas da ESRI. Símbolos: Q_m – Depósitos de praias; Q_a – Depósitos aluvionares; Q_i – Depósitos intradunares; Q_{Xf} – Formação de Xefina; Q_{Co} – Formação de Congolote; Q_{Ma} – Formação Malhazine; Q_{Mc} – Formação de Machava; Q_{PV} – Formação da Ponta Vermelha; N_{PM} - Formação de Ponta Maona.

Na região abrangida pela cidade de Maputo, em particular na dita cidade de cimento, existem várias situações de risco e perigosidade geotécnica e ambiental, que foram salientados na Notícia Explicativa da Carta Geológica, e para as quais foi chamada a atenção das autoridades competentes (Momade *et al.*, 1996). Para além dos riscos naturais associados à chuva, geradora de cheias e alagamento de zonas baixas, à erosão marinha que ataca a região costeira, e ao transporte eólico que provoca o avanço das dunas para o interior, foram assinaladas situações de elevado risco ambiental, como é o caso da contaminação de aquíferos, da construção de edificado sobre dunas e de escorregamentos de terras. Neste último caso, apontou-se como exemplos os escorregamentos que ocorreram na encosta do bairro Polana-Caniço, a danificação de infra-estruturas na Avenida Julius Nyerere e a queda de blocos de arenitos vermelhos nas encostas da Avenida Marginal.

Esta mesma problemática foi mais recentemente tratada por Forster (2001) e por Vicente *et al.* (2006). Os principais problemas encontrados situam-se, em ambos os trabalhos, na instabilidade dos taludes e segurança

dos edifícios, designadamente junto das arribas. Vicente *et al.* (2006), detectaram escorregamentos relacionados com o assentamento de edifícios nas avenidas das Nações Unidas, Friedrich Engels e Julius Nyerere. Outra situação identificada na Avenida Julius Nyerere foi a existência de edifícios inclinados e com indícios de colapso, cujas causas foram atribuídas a infiltrações de água no solo poroso, proveniente de canos com rupturas, que o torna húmido e mais facilmente deformável, ou devido a erosão interna por remoção de material na área das fundações dos edifícios. Esta perigosidade está intimamente relacionada com as características geológicas do subsolo onde assenta o edificado, em termos de porosidade, permeabilidade, coesão, resistência à erosão, entre outras, e também do declive do terreno. Conforme descrito anteriormente, a Formação da Ponta Vermelha é constituída por arenitos superiores, ferruginosos e consolidados (lateritizados segundo os autores da carta), cuja espessura máxima rondará os 20 m, e por uma sucessão inferior com espessura da ordem dos 15–20 m, constituída por arenitos e siltitos, claros, pouco consolidados, com impregnações de carbonatos (equivalentes à Formação de Ponta Maona, na região de Catembe, onde as impregnações de carbonatos são mais importantes). Perante este cenário geológico, logo que alguns dos parâmetros físicos dos arenitos consolidados da Formação da Ponta Vermelha sejam modificados, estão criadas as condições que facilitam a infiltração de águas superficiais. Estas vão invadir e encharcar os arenitos e siltitos inferiores mal consolidados, os carbonatos vão-se dissolver, os sedimentos finos silto-argilosos aumentam de plasticidade, daqui resultando os abatimentos e escorregamentos, tanto mais perigosos quanto maior é a carga do edificado e/ou o declive do terreno. O ravinamento das arribas, resultante da erosão provocado pelas águas, ocorre com maior frequência nos arenitos inferiores devido à sua fraca consolidação e conseqüente maior erodibilidade. Estes ravinamentos podem evoluir para riachos, que funcionam como condutas de sedimentos erodidos das suas margens e das áreas envolventes, acabando por se gerar cones aluviais na base das arribas, provocando torrentes de detritos susceptíveis de causar fortes danos materiais no edificado urbano. É o caso dos cones aluviais que ainda se podem decifrar na arriba em frente do autódromo (figura 1).

Em termos de análise de perigosidade, a possível existência de duas falhas, uma junto à arriba da colina de Maputo e outra no vale do rio Infulene, deve também merecer investigação através de estudos de estratigrafia (baseados em sondagens), de neotectónica e de geofísica.

O território moçambicano está integrado na zona de riftes da África Oriental e ainda recentemente ocorreu um sismo de magnitude 7,0 (Mw), na região de Machaze, província de Manica (Feitio *et al.*, 2008). As particularidades geológicas da região onde está instalada a cidade e a urbanização incorrecta junto das arribas, conferem forte potencial de perigosidade, que não pode ser negligenciado.

Até agora foi abordada a situação actual, em termos de riscos geológicos, da área da cidade de Maputo. Mas a instabilidade que agora ocorre, em parte induzida por factores antrópicos, já existiu em tempos anteriores à construção da própria cidade, como veremos a seguir. Uma interpretação da cartografia geológica da cidade de Maputo implantada sobre o modelo digital do terreno, conjugada com a análise cuidada de imagens de satélite ESRI e do *Google Earth* (figura 2) mostra que a arriba do lado sul da colina de Maputo se prolonga para WNW, sendo interrompida na zona da baixa da cidade. Esta interrupção é sublinhada por uma área mais deprimida, evidenciada pela curvatura para norte das curvas de nível, por onde a cidade se expandiu até à plataforma dos 50–60 m, onde actualmente está instalada a designada alta da cidade. Esta zona deprimida corresponde, em nosso entender, a uma antiga cicatriz resultante de importante deslizamento de terras. Quando foi elaborada a carta geológica, a escassez de afloramentos nesta área da cidade não permitiu o mapeamento detalhado da Formação da Ponta Vermelha, e daí este deslizamento não ter sido identificado. Com os dados actualmente disponíveis não é possível saber-se quando ocorreu este grande deslizamento, sendo seguro que se terá dado em tempos anteriores à implantação da cidade. A descoberta desta cicatriz vem evidenciar que as próprias condições naturais são propícias a este tipo de deslizamentos. Na figura 2 está ainda evidenciado um escorregamento que ocorreu em tempos actuais, neste caso provocado por pressão urbanística (figura 2B).

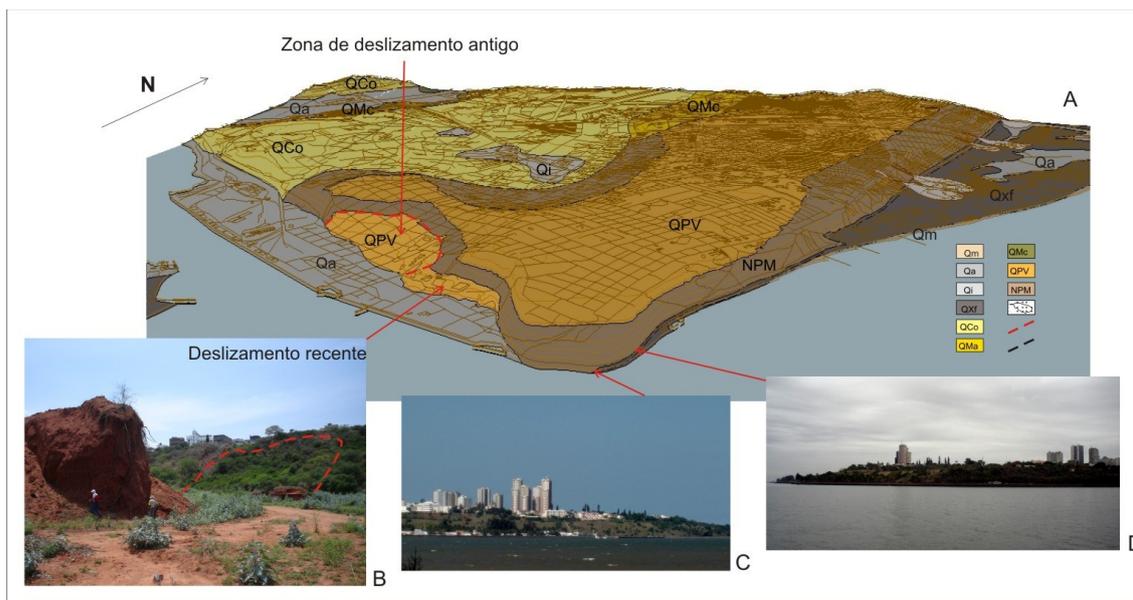


Figura 2. A – Modelo digital do terreno com a geologia da cidade de Maputo; B – Bloco escorregado e indicação da cicatriz ainda visível; C – a colina de Maputo e arriba associada; D - Outra perspectiva da arriba de Maputo. Símbolos estratigráficos: Qm – Depósitos de praias; Qa – Depósitos aluvionares; Qi – Depósitos intradunares; QXf – Formação de Xefina; QCo – Formação de Congolote; QMa – Formação Malhazine; QMc – Formação de Machava; QPV – Formação da Ponta Vermelha; NPM – Formação de Ponta Maona.

3. Referências bibliográficas

Feitio, P., Hurukawa, N., Yokoi, T., 2008. Relocation of the Machaze and Lacerda earthquakes in Mozambique and the rupture process of the 2006 Mw 7.0 Machaze earthquake. IISSE Report.

Forster, A., 2001. An investigation of slope instability and building damage in Maputo. British Geological Survey, report CR/01/091.

Momade, F. J, Ferrara, M., Oliveira, J. T., 1996. Notícia Explicativa da Carta Geológica 2532 Maputo, escala 1:50 000. Direcção Nacional de Geologia de Moçambique.

Vicente, E. M., Jermy, C. A, Schereiner, H. D., 2006. Urban Geology of Maputo, Moçambique. IAEG 2006, Paper number 338.