

# A Geologia da Região do Bilene

Luís Pina Rebêlo, Adriano Sênvano e Marco Ferraz

## 1. Introdução

A região costeira do Bilene localiza-se aproximadamente a 120 km para NE de Maputo, sendo conhecida pela sua lagoa de água salgada. A Lagoa do Bilene, com as suas águas calmas e transparentes, e praias de areia branca, faz parte de um conjunto de 7 lagoas costeiras que se desenvolvem ao longo de uma extensão de 45 km, separadas do mar por um cordão dunar. Actualmente é a única lagoa salgada da região, resultante da existência de uma barra que permite a sua comunicação com o mar. É, hoje em dia, um importante destino turístico para a população de Maputo e, cada vez mais, da África Austral. O elevado potencial turístico da região do Bilene vai conduzir, em futuro próximo, à rápida expansão urbana, o que obriga a que se tenha que acautelar a correcta ocupação do território e a adequada exploração dos seus recursos geológicos. A cartografia geológica é um importante instrumento que permite contribuir decisivamente para esse fim. Foi essa uma das principais razões que estiveram na base da escolha desta região para a elaboração da cartografia na escala 1:50 000.

## 2. A Carta Geológica

A geologia da região é dominada por processos eólicos e por processos marinhos costeiros, contando-nos uma história de avanços e recuos da linha de costa e de episódios de deposição costeira de sedimentos, acompanhada por movimentações dunares importantes.

A região costeira do Bilene enquadra-se num sistema dunar transgressivo (campo de dunas que se movem para o interior do continente) de grande dimensão, limitado a oeste pelo Rio Incomati e a leste pelo Rio Limpopo, com uma frente oceânica de aproximadamente 70 km e uma penetração para o interior de aproximadamente 60 km.

A maior escala, a zona do Bilene apresenta dois grandes sistemas deposicionais: um vasto **Sistema Dunar Interior**, localizado para norte das lagoas, e uma **Barreira Costeira**, junto ao mar. A separar estes dois sistemas existe um conjunto de lagoas, do qual a Lagoa do Bilene faz parte. A realização da carta geológica à escala 1:50 000 (figura 65), permitiu-nos aprofundar o conhecimento dos processos marinhos, eólicos e lagunares regionais, de forma a compreender-se a evolução costeira do local, contribuindo assim para uma melhor utilização do território.

As unidades geológicas existentes na região do Bilene são o resultado dos processos costeiros que ocorreram sobre este troço do litoral moçambicano durante o Plistocénico Superior e o Holocénico (últimas centenas de milhares de anos). Estes processos estão directamente ligados a variações do nível do mar ocorridas durante esse intervalo de tempo, com a consequente deslocação da linha de costa no sentido do oceano, quando o nível do mar baixou, e no sentido do continente, quando o mar subiu, associadas a uma grande disponibilidade sedimentar e a um transporte eólico intenso.

No presente trabalho, e na tentativa de apresentar a geologia como uma história, escolhemos as variações do nível do mar e a consequente deslocação da linha de costa como fio condutor para descrever as unidades geológicas presentes na região.

As areias eólicas são a litologia dominante, sendo em geral de grão médio a fino. A sua cor varia de laranja a castanha, devido à presença de óxidos de ferro, a branca. As areias de praia, em geral mais grosseiras, apresentam igualmente diferentes cores, consoante o local, indiciando que a erosão das dunas é uma fonte de sedimento importante na deriva litoral.

De acordo com o que se deduz da morfologia dunar, o vento, responsável pela formação das dunas, não alterou significativamente a sua direcção ao longo da evolução deste sector de costa, sendo o sentido de movimentação das dunas mais antigas de SSE para NNW, enquanto que o sentido de deslocação das dunas mais recentes varia de SSE a S para NNW a N.

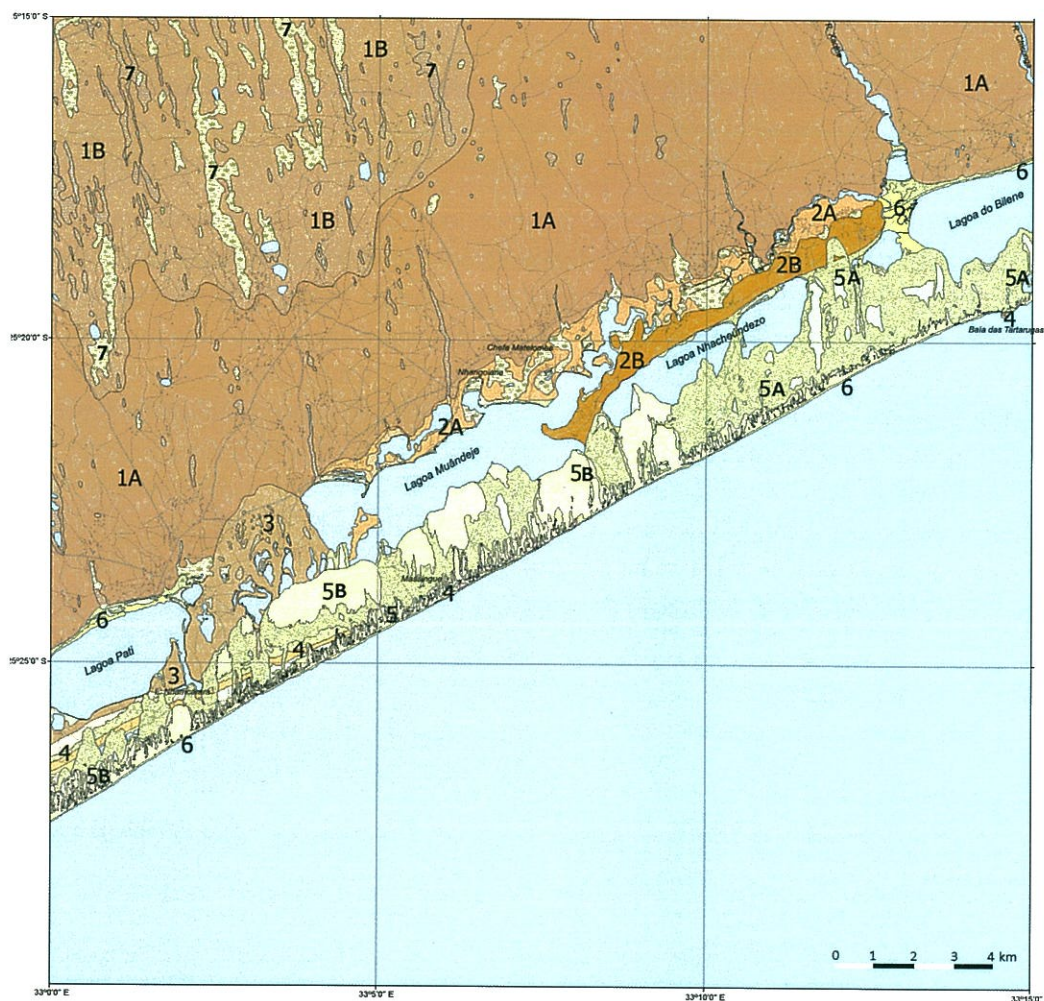


Figura 65. Carta Geológica da Região Costeira do Bilene, à escala 1:50 000, Folha 1180. Legenda: Sistema Dunar Interior (Unidades 1A e 1B); Restingas Costeiras (Unidades 2A e 2B); Barreira Costeira: Unidade Dunar Transgressiva (3); Barras Progradantes (4); Unidade Dunar Transgressiva: Dunas fixas por vegetação - 5A; Dunas móveis - 5B; Unidades Costeiras Actuais de Planícies Intertidais, Praias e Dunas Frontais (6); Depressões Interdunares, com fundo aplanado (7).

### 3. Evolução geológica da região costeira do Bilene

As unidades geológicas referidas a seguir são as que constam na figura 65 e as setas relativas ao nível do mar indicam se estamos perante um período onde o nível do mar estava mais elevado ou próximo do actual ( $\uparrow$ ), ou de nível do mar mais baixo que o actual ( $\downarrow$ ).

A evolução geológica da região costeira do Bilene, tendo por base uma cronologia relativa, pode ser descrita em 6 fases distintas que a seguir se descrevem.

#### Fase 1 - Instalação do Sistema Dunar Interior - Unidades 1A, 1B (nível do mar: $\downarrow$ )

As formações mais antigas abrangidas pela carta do Bilene correspondem às dunas do Sistema Dunar Interior. Trata-se de um sistema dunar transgressivo formado num período de grande disponibilidade sedimentar no litoral, sendo que o nível do mar estava mais baixo do que o actual, pois alguns dos seus espaços interdunares estão hoje alagados, conforme se pode observar no limite sul da unidade. As cotas das cristas dunares vão aumentando gradualmente de SSE para NNW, formando uma rampa do litoral para o interior.

A morfologia dunar reflecte actividade eólica onde predominam as dunas parabólicas, sendo ainda visíveis os braços alongados das dunas que migraram para o interior e que originam relevos alongados segundo a direcção NNW-SSE (figura 66).



Figura 66. Braço de duna parabólica do sistema dunar transgressivo (identificado pela seta a branco). Ao centro, cicatriz erosiva na superfície da duna, evidenciando a cor laranja da areia. Na base, junto à água, as areias brancas que caracterizam as praias envolvidas de todas as lagoas da região. *Fotografia de Luís Rebêlo* (25°15'16,16"S; 33°17'06,05"E).

A areia das dunas da Unidade 1A é, em geral, cor-de-laranja, mas a cor pode variar substancialmente com a alteração superficial. Se em alguns locais a duna preserva a sua cor laranja até ao topo, noutros locais a areia passa gradualmente de cor laranja a castanha clara em direcção ao topo.

Mais para o interior, afastando-nos da costa, a camada superficial da areia apresenta-se mais clara, quase branca (unidade 1B). Nesta zona é comum a formação de lagoas temporárias e pântanos. A cor branca da areia reflecte a lavagem ocorrida dos óxidos de ferro, responsáveis pelo tom laranja das areias. Estas estreitas e compridas lagoas, que correspondem a espaços interdunares orientados segundo a direcção NNW-SSE, estão relacionadas com a subida do nível da água (nível freático) no interior do sistema dunar. As oscilações do aquífero livre deste sistema dunar, responsáveis pela intermitência na formação das lagoas, estão relacionadas com as enchentes dos rios Incomati e Limpopo, cujos afluentes circundam, quase na totalidade, o sistema dunar.

### **Fase 2 - A subida do nível do mar e a invasão marinha (nível do mar: (↑))**

Após o período em que o nível do mar terá estado mais baixo que o actual e onde se formou o sistema dunar atrás referido, o mar voltou a subir para cotas semelhantes às actuais. O limite sul da unidade 1A mostra evidências deste episódio de subida do mar. Nos locais onde o relevo era mais baixo, o mar terá submergido as dunas, formando pequenas baías; por sua vez, as zonas mais elevadas do campo dunar terão dado origem a promontórios, que ficaram sujeitos à erosão costeira. Essa erosão é particularmente visível nos cortes transversais existentes nos braços das dunas laranja que contactam com a margem norte da Lagoa do Bilene; as zonas de invasão marinha estão presentes na região de Chefe Matelombe e Nhangoiane (figura 65). Esta morfologia de antiga linha de costa ficou preservada até hoje, indicando que a reactivação eólica não foi significativa.

A erosão dos promontórios e o transporte fluvial associado aos rios Chicunga e Xaoine levaram à formação de duas barreiras costeiras, semelhantes a restingas: a primeira, mais incipiente, ter-se-á “encostado” a terra (unidade 2A), enquanto que a segunda, com maior dimensão e mais bem preservada, se destacou ligeiramente da costa (unidade 2B).

### **Fase 3 - Descida do nível do mar e a invasão marinha (nível do mar: (↓))**

Após o período anterior em que os processos costeiros, associados a níveis do mar próximos do actual, terão modelado o litoral, terá ocorrido uma nova fase de rebaixamento significativo do nível do mar. As unidades geológicas resultantes dos processos costeiros que ocorreram durante esta fase de “baixo nível do mar” estarão hoje submersas, ou soterradas pela actual barreira costeira.

#### Fase 4 - A formação da Barreira Costeira hoje existente e das Lagoas (nível do mar: ↑)

Durante esta nova subida do nível do mar ter-se-á iniciado a formação da actual barreira que separa as lagoas do oceano. As barreiras costeiras são estruturas longas e estreitas que se formam em resultado da acumulação de sedimentos de praia e duna, como reflexo dos processos costeiros dominantes, e estão intimamente associadas à linha de costa. Durante a subida do nível do mar, a grande disponibilidade sedimentar junto ao litoral parece ter sido de molde a que o crescimento vertical da barreira, através do empilhamento das dunas, terá suplantado os processos de migração na horizontal, dominados pelos galgamentos de águas oceânicas. Como consequência da predominância do crescimento na vertical, a barreira ficou destacada da antiga linha de costa mencionada na fase 2, dando origem a um sistema lagunar entre a barreira e as dunas mais antigas da unidade 1A.

#### Evolução da Barreira Costeira

A barreira costeira conta-nos, por sua vez, uma história evolutiva complexa, com novas evidências de subidas e descidas do nível do mar mas, sobretudo, com alterações significativas da posição da linha de costa. Destacam-se três unidades dunares: duas claramente transgressivas que contribuíram, e contribuem, para colmatar as lagoas e onde a linha de costa se deverá ter deslocado para o interior (Unidades 3 e 5); e uma terceira, com tendência progradante, caracterizada pela existência de cordões costeiros, que terá deslocado a linha de costa no sentido do oceano - Unidade 4 (figuras 67 e 68).



Figura 67. Dunas do Interior (Unidade 1); Duas gerações de dunas transgressivas da Barreira Costeira (Unidades 3 e 5) e sistema dunar progradante da Barreira Costeira (Unidade 4). Fotografia de Luís Rebêlo (Lagoa Nhamcarara, 25°25'46,36"S; 33°01'59,81"E).



Figura 68. Dunas do Interior (Unidade 1); Sistema progradante da Barreira Costeira (Unidade 4); Dunas transgressivas da Barreira Costeira (Unidades 5). Entre os vários cordões dunares da fase progradante existem, por vezes, pequenas lagoas de água doce como a que se observa em 1º plano (b). Entre a Unidade 4 e a Unidade 1, a Lagoa Páti (a). Fotografia de Luís Rebêlo (25°26'10,60"S; 33°01'15,78"E).

As dunas da Unidade 3 correspondem a um evento transgressivo que se destacou da barreira. Ao migrarem para o interior terão coberto o espaço lagunar sobrepondo-se, na sua extremidade norte, às dunas da Unidade 1A (figura 65). Esta migração ocorreu com um nível do mar inferior ao actual uma vez que os espaços interdunares, ainda preservados, apresentam pequenos lagos e pântanos. Este evento dunar terá sido responsável pelo início do seccionamento da lagoa contínua, então existente, em várias lagoas, modelo que hoje se observa.

A Unidade 4, constituída por uma sucessão de cordões dunares (figura 68, 4) intercalados com pequenos lagos (figura 68, b) e depressões interdunares aplanadas, mostra uma tendência prográdante da costa (deslocação da linha de costa no sentido do oceano) e reduzida formação de dunas transgressivas. A instalação destes cordões dunares terá, no entanto, sido antecedida por um episódio erosivo, semelhante ao descrito na fase 2, tendo erodido as dunas da Unidade 3, conforme se pode inferir pela existência de uma antiga linha da costa intersectando o relevo dunar existente (contacto a sul da Lagoa Nhamazanza).

Faz parte da Unidade 4 o afloramento mais conhecido na região do Bilene, designadamente as dunas consolidadas existentes a sul da barra da Lagoa do Bilene e na baía das Tartarugas (eoleanito do Bilene). O eoleanito, que neste último local tem mais de 20 metros de altura e evidencia três pulsações distintas (figura 69), aflora igualmente junto à costa em mais três locais: dois para norte da barra e um na zona de Massingue. O tramo superior apresenta longos tubos verticais de origem cársica preenchidos por areias mais recentes de cor alaranjada (figuras 69 e 70).



Figura 69. Eoleanito do Bilene (a sul da barra da lagoa). O afloramento expõe três pulsações dunares distintas com diferentes atitudes da estratificação interna. O topo do afloramento apresenta tubos verticais em resultado da dissolução do carbonato de cálcio do eoleanito.

*Fotografia de Luís Rebêlo (25°19'40"S; 33°14'32"E).*



Figura 70. Eoleanito do Bilene (a 8 km para ENE da barra da Lagoa do Bilene). Pormenor da morfologia causada pela dissolução do carbonato de cálcio do eoleanito. Os tubos verticais são mais comuns no tramo superior da duna. São também visíveis estruturas de raízes (rendilhado em primeiro plano e um pouco por todo o afloramento) evidenciando a presença de vegetação durante o período de consolidação.

*Fotografia de Luís Rebêlo (25°17'05"S; 33°19'36"E).*

Um aspecto curioso de mencionar relaciona-se com os depósitos ricos em matéria orgânica (por vezes com troncos de dimensões métricas) que se encontram na praia, algumas vezes aplanados pela erosão marinha (figura 71). Estes afloramentos correspondem aos depósitos das lagoas existentes, e já anteriormente mencionadas (figura 68, b), entre os cordões dunares, sendo que a sua presença actualmente na praia se deve ao facto do recuo da actual linha de costa estar a intersectar os depósitos das antigas lagoas.



Figura 71. Depósitos lagunares ricos em matéria orgânica. O facto da aplanção se prolongar por debaixo das dunas e estar a uma cota superior à da maré normal indicia a existência de um nível do mar mais elevado do que o actual, anteriormente à formação das dunas que cobrem os depósitos. *Fotografia de Luís Rebêlo (25°24'25,27"S; 33°05'20,70"E).*

As dunas das Unidades 5A e 5B apresentam carácter transgressivo muito vincado, verificando-se a existência de várias pulsações dunares que levam à individualização de vários episódios distintos na Unidade 5A. A geometria das dunas indicia que o início da sua formação ocorreu com o nível do mar mais baixo que o actual (↓), pois a parte inferior dos interdunares da pulsação dunar mais antiga parece localizar-se abaixo do actual nível da praia. Parte significativa do sistema dunar está actualmente activo (figura 65, 5B), verificando-se uma tendência de progressão de SSE para NNW, sentido idêntico ao da deslocação dos outros eventos transgressivos observados. As dunas são, na sua grande maioria, parabólicas. Em alguns locais, as frentes de avanço das dunas ocorrem sobre as lagoas, exemplificando com clareza, como ocorre o processo de colmatação das lagoas costeiras (figura 72). Actualmente, a maior parte destas dunas encontra-se fixada por vegetação (figura 65, 5A), mas a sua progressão no passado foi de molde a sectionar a lagoa original nas múltiplas lagoas actualmente existentes. A pulsação mais antiga, designada por 5.2, é constituída por areia cor-de-laranja (figuras 73 e 74, 5.2). Esta pulsação depositou-se sobre o eoleanito do Bilene após este ter sofrido carsificação, encontrando-se a sua areia a preencher as cavidades cársticas existentes (figura 73). No topo deste evento é visível, por vezes, um paleossolo bem desenvolvido, indicador de uma alteração climática entre esta pulsação e a suprajacente (figura 75), sendo frequente encontrarem-se vestígios de pedra lascada e cerâmica rudimentar no topo das areias desta pulsação dunar. Estas ocorrências sugerem a presença humana, provavelmente junto às lagoas de água doce que contactavam com a duna.

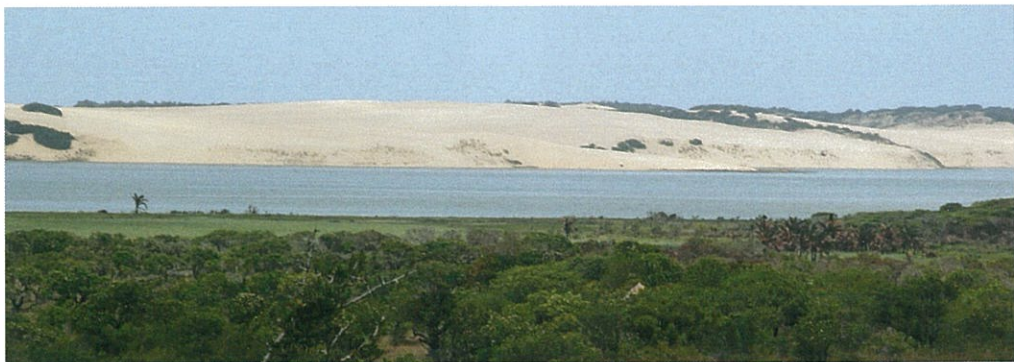


Figura 72. Avanço das dunas da Barreira Costeira (Unidade 5B) sobre a Lagoa Muãndeje. Em primeiro plano, as dunas transgressivas da Unidade 1A. *Fotografia de Luís Rebêlo.*

Por cima das areias cor-de-laranja ocorrem dunas de cor castanha, designadas de pulsação 5.3 (figuras 73 e 74, 5.3), que, em alguns locais, se apresentam consolidadas. A consolidação desta duna é, no entanto, distinta da que ocorre no eoleanito do Bilene. Contrariamente a este, que se apresenta em geral com aspecto maciço, a pulsação 5.3 apresenta uma consolidação em lâminas finas, conferindo um carácter mais frágil ao arenito, razão pela qual foi designado por eoleanito mil-folhas (figura 76).

Por cima das areias castanhas ocorre, por vezes, uma nova pulsação com areias de cor alaranjada, designada por 5.4. Este evento é visível sobretudo nos afloramentos a norte da barra da Lagoa do Bilene (figura 74, 5.4).

Por cima das areias alaranjadas, e por baixo da vegetação, ocorrem as areias castanhas claras que cobrem quase todo o sistema transgressivo - pulsação 5.5 (figuras 73 e 74, 5.5).



Figura 73. Sequência dunar a norte da baía das Tartarugas. É visível o preenchimento do carso, existente no topo da unidade 4, pela pulsação 5.2 (areia cor-de-laranja) da Unidade 5A. Neste local, a pulsação 5.3, também da Unidade 5A, apresenta um paleossolo no seu topo.

*Fotografia de Luís Rebêlo (25°19'36"S; 33°14'29"E).*



Figura 74. Sequência de eventos dunares da Unidade 5A, a norte da abertura da Lagoa do Bilene (5.2 a 5.5). O evento da base (pulsação 5.2) é interpretado como sendo o que se encontra sobre o eoleanito do Bilene, preenchendo as cavidades cársicas. A duna activa actual, Unidade 5B, está representada pelo evento 5.6. *Fotografia de Luís Rebêlo (25°17'48"S; 33°17'55"E).*



Figura 75. Paleossolo, de cor castanho avermelhado, sobre a pulsação 5.2. *Fotografia de Adriano Sêlvano (25°16'29,61"S; 33°20'45,36"E).*



Figura 76. Afloramento de duna consolidada (eoleanito mil-folhas) junto à praia, a norte da abertura da lagoa - pulsação 5.3. *Fotografia de Adriano Sênvano* (25°16'39"S; 33°20'29"E).

### Fase 5 - Os processos costeiros actuais na costa oceânica e no ambiente lagunar

A linha de costa da zona do Bilene apresenta evidências de estar em recuo. As praias são estreitas e o mar atinge frequentemente o sopé das dunas antigas provocando o seu colapso (figura 77). As dunas frontais, quando existem, confinam-se às zonas deprimidas e aplanadas, originadas pela deflação das dunas antigas (figura 78). A areia da praia, transportada pelo vento, penetra na barreira costeira sobretudo ao longo dos espaços interdunares. Esta areia é, em geral, de cor clara, contendo fragmentos de conchas. No entanto, nos locais onde as dunas antigas estão sujeitas à erosão marinha ou eólica, a libertação dos sedimentos leva a que as dunas móveis apresentem tonalidades mais escuras, com cores que variam entre o castanho claro e o cor-de-laranja. Os afloramentos de eoleanito, sobretudo os do eoleanito do Bilene, devido à sua maior resistência à erosão, jogam um papel importante no retardamento do recuo da linha de costa, sendo o caso mais evidente o que se verifica a sul da barra da Lagoa do Bilene.

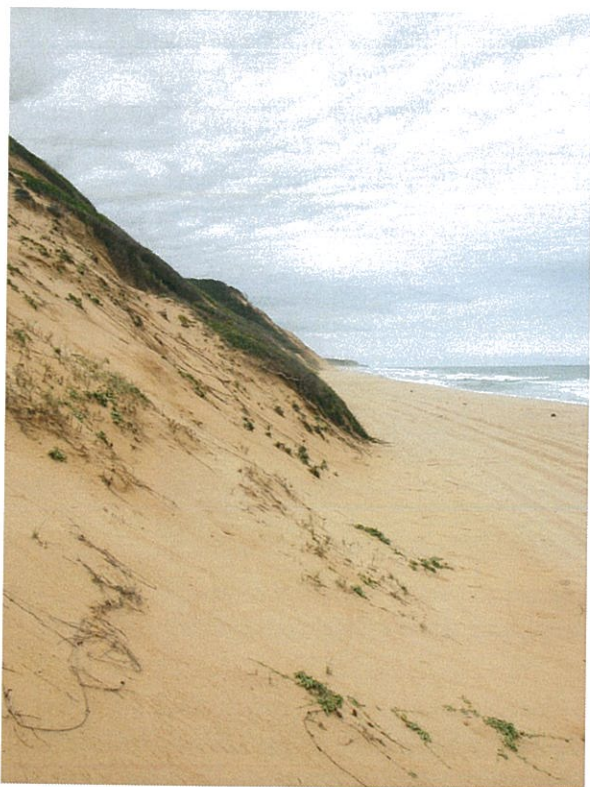


Figura 77. Evidência de recuo da linha de costa da margem oceânica da barreira costeira: erosão da base das dunas da Unidade 5A. *Fotografia de Luís Rebêlo* (25°19'47"S; 33°13'19"E).



Figura 78. Duna frontal recente, disposta paralelamente à linha de costa, formada sobre superfície de deflação das dunas antigas (à esquerda, com cor mais alaranjada). *Fotografia de Luís Rebêlo* (25°19'58"S; 33°13'23"E).

O interior das lagoas possui um sistema sedimentar próprio reflectindo um ambiente de baixa energia. As praias são formadas por areia branca, conferindo à água uma cor esmeralda.

A conjugação das correntes de maré e das correntes induzidas pelo vento origina um sistema de restingas, barras e planícies intertidais nas zonas marginais das lagoas (figura 79). Devido às variações bruscas induzidas no nível da água pela abertura e fecho da barra, a localização destas estruturas varia no espaço, tendo como resultado a formação de sucessões de barras e restingas. Esta disposição das estruturas costeiras é visível nos períodos em que a barra está aberta, o que leva ao máximo o abaixamento do nível da lagoa.

A zona norte das lagoas é a que apresenta maior desenvolvimento das estruturas costeiras anteriormente referidas, provavelmente como reflexo do transporte sedimentar das ribeiras que nelas desagüam. Por seu lado, o estreitamento da lagoa na margem sul é fundamentalmente provocado pelo avanço das dunas, o que tende a originar uma margem mais profunda (figura 80).



Figura 79. Sucessão de pequenas barras de areia formando uma planície costeira na margem norte da Lagoa Páti. Em segundo plano, as dunas transgressivas das unidades 5A e B. É igualmente observável a cor branca das praias que bordejam as lagoas.

*Fotografia de Luís Rebêlo (25°24'14"S; 33°01'33"E).*



Figura 80. Margem sul da Lagoa Moânđeje, caracterizada por um aumento brusco de profundidade nas suas margens como reflexo da invasão dunar.

*Fotografia de Luís Rebêlo (25°22'17"S; 33°07'21"E).*

### 3.1. A abertura e o fecho da barra e as consequências para o ordenamento do território

Contrariamente às restantes lagoas, onde a altura das dunas que se desenvolveram sobre a barreira impede a passagem da água directamente para o mar, no caso da Lagoa do Bilene existe uma ligação entre a lagoa e o Oceano Índico. A comunicação entre as duas massas de água faz-se através de uma estreita barra instalada numa zona de ruptura da barreira costeira. Esta ruptura terá sido gerada pelo escoamento da água da lagoa, aproveitando o espaço interdunar de uma duna parabólica, associado ao facto da barreira ser significativamente mais estreita nessa zona.

A barra não se encontra sempre aberta, verificando-se um “medir de forças” entre a tendência para o fecho, com o desenvolvimento de uma pequena barreira e a construção de dunas no seu topo, e a ruptura desta estrutura provocada pelo escoamento das águas da lagoa.

Após fechar, a abertura natural da barra depende do nível da água no interior da lagoa suplantarem a cota máxima do cordão arenoso que faz a separação do mar. Este processo natural acarreta alguma incerteza relativamente ao nível máximo que a lagoa atinge quando se fecha a comunicação com o oceano, pois está dependente da altura da barreira costeira. Este é um dos pontos a ter em conta no ordenamento das lagoas. As zonas planas, sempre cobertas para construção (figura 81), são geralmente formadas debaixo de água (planícies intertidais), pelo que poderão estar sujeitas a alagamento caso a barra feche e a lagoa encha. A abertura artificial da lagoa pode dar uma falsa noção de estabilidade do nível da água, pelo que as construções na orla costeira deverão ter em conta as estruturas geológicas existentes, que são boas indicadores dos valores máximos atingidos pelas cheias.



Figura 81. Habitações construídas sobre uma restinga na margem norte da Lagoa do Bilene. Nível de inundação marcado pelas setas a vermelho.  
*Fotografia de Luís Rebêlo (25°16'32"S; 33°16'32"E).*

### 3.2. Conclusões

Os trabalhos efectuados, no âmbito da cooperação, para a elaboração da carta geológica da zona do Bilene levaram a um significativo aumento de conhecimento sobre a geologia da região, em particular à melhor compreensão dos processos geológicos que moldaram este sector da costa moçambicana. O conhecimento agora adquirido servirá de suporte para o correcto planeamento do ordenamento do território e consequente desenvolvimento sustentável desta importante região turística.

### 4. Referências bibliográficas

Rebêlo, L., Sênvano, A., Milisse, D., Ferraz, M., Mutisse, J. A., Brito, P., com colaboração de Fumo, C., Manjate, A., Mussane, A., 2012. *Carta Geológica da Região do Bilene, escala 1:50 000*. Publicada no âmbito do protocolo entre a Direcção Nacional de Geologia de Moçambique, o Laboratório Nacional de Energia e Geologia de Portugal e o Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento.

