



## O FUTURO DAS COSTAS ROCHOSAS NO ALGARVE INFLUÊNCIA DA HERANÇA GEOMORFOLÓGICA

S. Gabriel<sup>1</sup>, D. Moura<sup>1</sup>, J. Viegas<sup>2</sup>, C. Veiga-Pires<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigação Marinha e Ambiental-CIMA, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas (Email: smgabriel@ualg.pt)

<sup>2</sup>Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Campus da Penha

### ABSTRACT

Wave climate and tidal range are important morphogenetic factors and the most important source of energy on rocky coasts. Aerial weathering weakens the rocks' mechanical strength and, mass rocks' attributes determine the rate and extension of cliffs' erosion. Morphological inheritance from UMI, lithological variability and the intensity of fracturation are the first order factors controlling the coastal morphology and cliff's recession in the Algarve. In carbonate coasts as the Algarve rocky shore, cliffs retreat is highly favoured by the development of chemo and bio karst. In several sectors, erosion rate was higher than today, between ca. 6 and 3 ky and, due to a self-regulation mechanism it is expectable its increase in a near future.

### RESUMO

As costas rochosas evoluem sob a acção conjugada de processos marinhos e aéreos, sendo a sua magnitude e rapidez, dependente de factores intrínsecos às propriedades de massa das rochas. Na costa rochosa meridional do Algarve, a herança morfológica do Último Máximo Interglacial (UMI), a variabilidade litológica e a intensidade da fracturação, a par com a subida do nível médio do mar (NMM), são os principais factores que determinam o presente comportamento das arribas litorais e a sua evolução futura a curto prazo. A taxa de erosão foi no passado superior à presente, sendo expectável que venha a aumentar rapidamente num futuro próximo, devido a um processo de auto-regulação.

### INTRODUÇÃO

À excepção das costas primitivas, as costas evoluídas, como o são a maioria das costas rochosas em todo o mundo, evoluem sob a acção de processos marinhos potenciados pela meteorização aérea (COQUE, 1998). Os aspectos morfológicos mais conspícuos das costas rochosas são as arribas litorais e as plataformas de abrasão. A conexão entre estes dois elementos pode ser marcada por uma sapa resultante do ataque das ondas à base da arriba. O aprofundamento das sapas é responsável por 42% dos movimentos de massa que ocorrem nos calcarenitos nas arribas litorais entre Lagos e Olhos de Água (MARQUES, 2008). Os atributos morfológicos como o perfil da arriba e as dimensões das plataformas de abrasão, são o balanço entre a resistência mecânica das rochas e o ataque pelas ondas (e.g., DUPERRET *et al.*, 2005). A resistência mecânica das rochas é por sua vez influenciada pela textura, estrutura, densidade e orientação das fracturas, continuada humedificação e secura e pelo desenvolvimento de químio e biocarso (e.g., MOURA *et al.*, 2006).

### MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada cartografia de pormenor com recurso a DGPS, dos aspectos morfológicos do sector costeiro entre as praias da Galé e de Olhos de Água. Foram estudados perfis litológicos das arribas e colhidas amostras para estudo sedimentológico e determinação do teor em CaCO<sub>3</sub>. Este, foi calculado por diferença de peso antes e após digestão em HCl a 30%. Foram avaliadas as propriedades físicas (massa volúmica seca e saturada, porosidade e absorção de água), a resistência mecânica (ensaio com martelo de Schmidt e ensaio de carga pontual) e a durabilidade (ensaio de desgaste em meio húmido

- “*Slake Durability Test*”) dos materiais rochosos. Foi medida a orientação das fracturas e o seu espaçamento.

### **ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO**

O sector litoral objecto de estudo do presente trabalho, localiza-se entre Porto de Mós (W de Lagos) e Olhos de Água, correspondente ao litoral de arribas rochosas que expõe a Formação Carbonatada de Lagos-Portimão na costa meridional do Algarve. É uma costa extremamente crenulada com cabos e pontas protegendo baías e enseadas com praias arenosas associadas à desembocadura de rios e ribeiras.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### ***Herança morfológica***

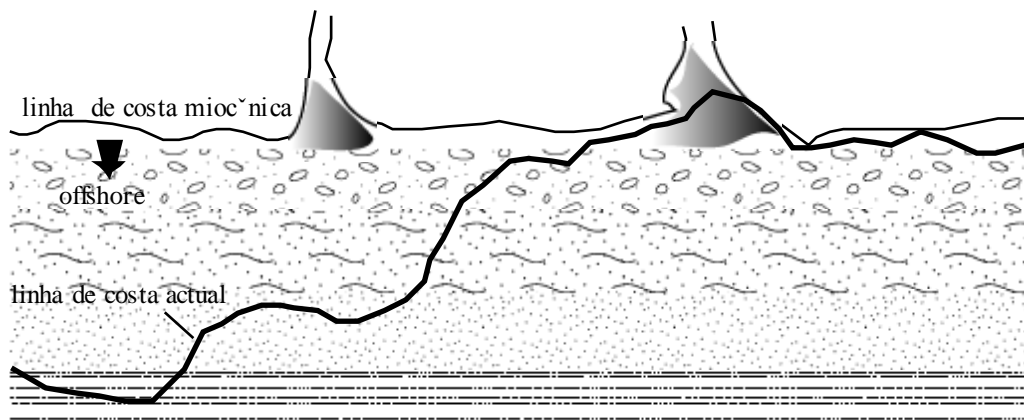
A evolução do litoral ao longo do Neogénico e do Quaternário, produziu uma linha de costa sinuosa que intercepta diferentes paleoambientes litorais (Figura 1), variando desde paleofácies de plataforma continental (calcários fossilíferos e calcários micríticos), até a rochas de praia representadas por arenitos fracamente cimentados. Durante o UMI a erosão diferencial acentuou o crenulado da linha de costa que recuou mais facilmente nos sectores onde as rochas são mais brandas ou nos paleovales preenchidos por arenitos muito friáveis, formando enseadas (Figura 1). Este mecanismo foi invertido por retroacção negativa, isto é, as enseadas passaram a estar mais abrigadas do ataque directo das ondas, mantendo praias arenosas no sopé, enquanto que, as pontas rochosas mais resistentes, ficaram expostas à acção das ondas. Em consequência, as arribas que limitam enseadas passaram a evoluir em meio aéreo, enquanto que as arribas avançadas ao mar evoluíram condicionadas por processos marinhos. A morfologia cársica é um aspecto notável da paisagem litoral da área de estudo e um dos parâmetros responsáveis pela instabilidade das arribas.

#### ***Controle litológico da morfologia cársica***

A extensão vertical das cavidades cársicas litorais, está relacionada com a resistência química das rochas, com o clima, com a circulação de água subterrânea e com o NMM. O aparelho cársico na área de estudo, é controlado pelas camadas siltíticas (da Formação Carbonatada Lagos-Portimão) de baixa permeabilidade, que constituem a base do carso. O elevado fluxo da água doce dos aquíferos que escoam para o litoral, gera numerosas ressurgências - os olhos de água, no contacto com as referidas camadas siltíticas. O químiocarso resultante da dissolução dos carbonatos pela água doce, é responsável pela intrincada rede de tinhas de dissolução nas plataformas de abrasão, que, em conjunto com o biocarso contribui para o seu desmantelamento.

#### ***Controle estrutural da morfologia costeira***

A atitude e espessura das camadas são factores que influenciam a vulnerabilidade das arribas ao ataque das ondas, bem como a própria morfologia costeira. Por exemplo, são as camadas horizontais ou sub-horizontais as que mais facilmente propiciam a génese de sapas e grutas, bem como as plataformas de abrasão mais largas. Na área de estudo, o grau de fracturação correlaciona-se positivamente com a ocorrência de grutas e leixões e negativamente com a ocorrência de plataformas de abrasão. Nos sectores onde o grau de fracturação é mais elevado, a instabilidade das arribas é tal, que, a contínua queda de blocos não favorece a formação de plataformas de abrasão, pelo que, estas são substituídas no sopé das arribas por caos de blocos.



**Figura 1.** Esquema exemplificativo da variabilidade litológica ao longo da linha de costa actual.

### ***Evolução Holocénica***

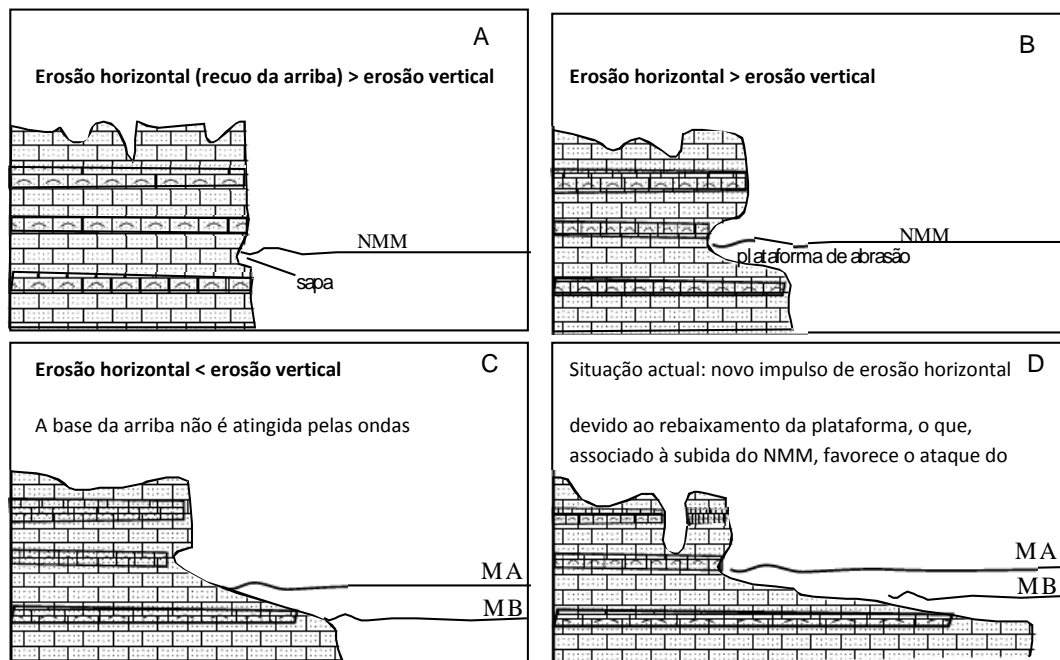
Na área de estudo, as arribas recuaram a uma taxa de 1-2 cm/ano, entre 1947 e 1992 (MARQUES, 1997), sendo a litologia e a intensidade da carsificação, os factores de primeira ordem no controle da erosão (BEZERRA, 2008; NUNES *et al.*, 2009). Se tomarmos aquele valor como referência, teriam sido necessários ca. 20 ka para construir plataformas de abrasão com a largura medida no campo (valor máximo = 420m). Uma vez que o NMM atingiu cota próxima da actual, somente a partir do 5 ka, a taxa de recuo das arribas foi necessariamente várias ordens de grandeza superior à actual, entre os ca. 5 ka e os ca. 3 ka (Figura 2A, B). Em consequência, verificou-se o rápido alargamento das plataformas de abrasão que passaram a funcionar como barreira dissipativa das ondas (Figura 2C), traduzindo-se no abrandamento do recuo das arribas. A partir de ca. 3ka, momento em que a linha de costa registou na região tendência regressiva (MOURA *et al.*, 2007), a erosão vertical das plataformas de abrasão predominou sobre a horizontal, principalmente devido a processos bioquímicos ou bioerosivos (Figura 2D). Com a superfície topográfica novamente rebaixada, a base das arribas sofre presentemente ataque directo das ondas, pelo que é expectável o recrudescimento da erosão costeira.

### **CONCLUSÕES**

- A morfologia herdada do UMI determina a predominância de uma das formas de erosão: marinha ou aérea;
- A morfologia costeira é litológica e estruturalmente controlada;
- A taxa de erosão das arribas tende a aumentar pela conjugação da subida do NMM e de um processo de auto-regulação intrínseco à própria morfologia litoral.

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho é financeiramente suportado pela FCT através dos projectos PTDC/CTE-GEX/70448/2006 – BISHOP e PTDC/CTE-GEX/71357/2006 - MORFEA. Os autores agradecem ao colega Paulo Fernandes e aos alunos do Mestrado em Geomática, Adriano Oliveira e Benjamim Martins, a colaboração na caracterização do padrão de fracturação na zona da Galé, no âmbito da unidade curricular *Práticas de Campo*. Agradecemos ainda à Ana Gomes, aluna de doutoramento, a sua colaboração na cartografia das plataformas de abrasão.



**Figura 2.** Esquema exemplificativo do mecanismo de auto-regulação entre e formas de erosão actuaes nos litorais de arribas.

## REFERÊNCIAS

- BEZERRA, M.M.T.A. (2008). Relação entre o clima de agitação marítima e aspectos da morfologia costeira, na costa rochosa do Algarve central (Galé a Olhos de Água). Dissertação para obter o grau de Mestre em Oceanografia, Universidade do Algarve, 125p.
- COQUE, R. (1998). Géomorphologie. In: Armand Colin (Edit), sixième édition, Paris, 503p.
- DUPERRET, A., TAIBI, S., MORTIMORE, R.N., DAIGNEAULT, M. (2005). Effect of ground water and sea weathering cycles on the strength of chalk rock from unstable coastal cliffs of NW France. *Engineering Geology*, **78**, 321-343.
- MARQUES, F.M.S.F. (1997). As arribas do litoral do Algarve: dinâmica, processos e mecanismos. Dissertação para obter o grau de Doutor, UL, 549p.
- MARQUES, F.M.S.F. (2008). Magnitude-frequency of sea cliff instabilities. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **8**, 1161-1171.
- MOURA, D., ALBARDEIRO, L., VEIGA-PIRES, C., TIGANO, E. (2006). Morphological features and processes in the central Algarve rocky coast (South Portugal). *Geomorphology*, **81**, 345-360.
- MOURA, D., VEIGA-PIRES, C., ALBARDEIRO, L., BOSKI, T., RODRIGUES, A.L., TARECO, H. (2007). Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the central Algarve (southern Portugal). *Marine Geology*, **237**, 127-142.
- NUNES, M., FERREIRA, Ó., SCHAEFER, M., CLIFTON, J., BAILY, B., MOURA, D., LOUREIRO, C. (2009). Hazard assesment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal): a tool for coastal management. *Ocean & Coastal Management*, doi:10.1016/j.ocecoaman.2009.08.004