



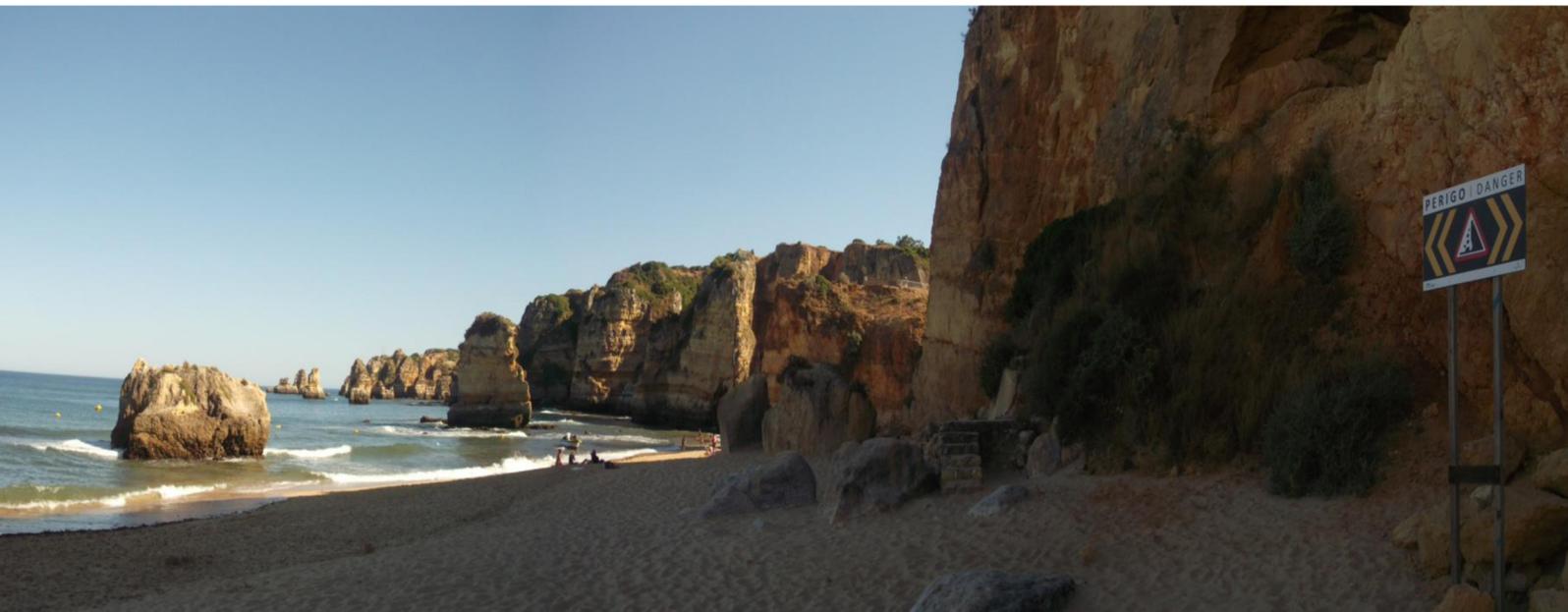
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO COSTEIRA
ESTUDO DE CASO: LITORAL ROCHOSO DO CONCELHO DE LAGOS

Liliana Andreia da Silva Fernandes

MESTRADO EM DINÂMICAS SOCIAIS. RISCOS NATURAIS E TECNOLÓGICOS

Julho, 2015





UNIVERSIDADE DE COIMBRA

FACULDADE DE LETRAS

Departamento de Geografia

Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira
Estudo de Caso: Litoral Rochoso do Concelho de Lagos

Liliana Andreia da Silva Fernandes

Dissertação de Mestrado em Dinâmicas Sociais,
Riscos Naturais e Tecnológicos

Orientador Científico:
Professor Doutor Lúcio Cunha da Faculdade de Letras da
Universidade de Coimbra

Julho 2015

Agradecimentos

Agradeço e dedico esta tese a minha mãe, Belmira da Silva, por ter colaborado neste trabalho, acompanhando-me nas saídas de campo e na recolha de informação, por ter acreditado em mim e me ter dado todo o apoio neste meu percurso.

Agradeço aos meus amigos, que sempre acreditaram no meu empenho, Sofia Bernardino, Washington Oliveira, Patrícia Monteiro e Filipa Soares, pelo incentivo, a disponibilidade, por todo o auxílio e apoio.

Agradeço ao meu orientador, Doutor Lúcio Cunha, pelo apoio e incentivo e por toda a atenção dispensada, na leitura dos textos e sugestões, em termos bibliográficos e metodológicos, que em muito contribuíram para melhorar a qualidade deste projeto.

Gostaria de terminar expressando o meu profundo agradecimento, aos Professores do meu Ensino Básico, José Artur, Paula Girão e António Baltazar pela disponibilidade sempre manifestada e pelas palavras de incentivo.

Resumo

Com este trabalho pretende-se abordar a suscetibilidade das arribas de Lagos à erosão costeira. A erosão costeira no litoral rochoso tem sido um assunto muito mediatizado nos últimos anos devido, principalmente, a acidentes em zonas balneares.

O Algarve apresenta em alguns locais da zona costeira uma paisagem que se caracteriza pelo recorte irregular das formas de erosão das arribas. A beleza natural procurada pelos utentes destas áreas é, no entanto, indissociável do risco decorrente da evolução natural das arribas.

A principal causa do recuo sofrido pelas arribas rochosas no litoral é a ocorrência de movimentos em massa, que ocorrem com frequência no litoral Algarvio. Esta área sofre uma intensa ocupação humana, o que leva à necessidade de estudos de carácter científico

Lagos faz parte do sector costeiro do Algarve onde a ocupação humana é mais intensa, sendo muito numerosos os casos de edificação situadas junto ao bordo das arribas.

Para se determinar as zonas de maior suscetibilidade à erosão costeira no litoral de Lagos foi elaborado um mapa de suscetibilidade que resulta da ponderação empírica dos fatores julgados com maior incidência na suscetibilidade à erosão costeira: litologia, fracturação, uso do solo, altura da arriba, proteção do sopé, atitude das camadas e declive.

Para se validar a metodologia utilizada para elaborar este mapa de suscetibilidade, numa segunda parte da dissertação, os resultados obtidos são comparados com os movimentos de vertente registados por Fernando Marques na sua Tese de Doutoramento (1997) e com notícias posteriores de ocorrências na área em estudo.

A última parte deste trabalho consiste na discussão da importância que a este estudo e outros dentro da mesma temática tem no ordenamento e planeamento do território.

Palavras-chave: Erosão Costeira, Arribas, Suscetibilidade, Movimentos de Massa, Algarve, Lagos.

Abstract

This work is intended to address the susceptibility of the cliffs of Lagos to coastal erosion. The coastal erosion in the rocky coastline has been very publicized in recent years due mostly to accidents in bathing areas.

The Algarve features in some parts of the coastal area a landscape that is characterized by irregular clipping from erosion. The natural beauty sought by users of these areas is, however, inseparable from the risk arising from the instability of the cliffs.

The main cause of the retreat suffered by the rocky cliffs on the coast is the occurrence of mass movements, these occur frequently in the Algarve coast, this area suffers an intense human occupation, which leads to the need for scientific studies

Lagos is part of the coastal sector of the Algarve where human occupation is more intense, being very numerous cases of building situated along the edge of the cliffs.

To determine the areas with higher susceptibility to coastal erosion in Lagos coastline was developed a susceptibility map resulting from the weighting of factors judged with higher incidence in susceptibility to coastal erosion: lithology, fracturing, land use, height of the cliff, protection the foothills, attitude of the layers and slope.

To validate the methodology used to produce this map of susceptibility, in a second part of this dissertation, the results obtained are compared with the mass movements recorded by Fernando Marques in his PhD thesis (1997) and with existing news about the study area.

The last part of this work consists in the discussion of the importance of this study and others within the same theme have in land-use and planning of the territory

Keywords: Coastal Erosion, Cliffs, Susceptibility, Mass Movements, Algarve, Lagos

Índice:

Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Conceitos	5
1.2. Objetivos, questões investigativas e hipóteses.....	7
1.3. Metodologia	9
1.4. Escolha da Área em Estudo	11
Capítulo 2. Estado da Arte	14
2.1. Estado atual do conhecimento e estudos desenvolvidos sobre a erosão costeira	15
2.2. Referências à evolução do litoral rochoso de Lagos	20
Capítulo 3. Enquadramento da Área em estudo	22
3.1. Caracterização física	25
3.1.1. Caracterização geológica e geomorfológica	25
3.1.2. Caracterização climática.....	32
3.1.3. Caracterização do estado de agitação marítima	34
3.2. Caracterização humana	36
3.2.1. Ocupação Urbana.....	39
Capítulo 4. Enquadramento Teórico	43
4.1. Definição de litoral, costa e zona costeira.....	44
4.1.1. Zona Costeira Portuguesa	47
4.2. Litorais rochosos: Arribas	49
4.1.2. Erosão Costeira de Litorais Rochosos	49
4.1.3. Processos e mecanismos de evolução das arribas.....	54
Capítulo 5. Suscetibilidade à Erosão Costeira do Litoral Rochoso do Concelho de Lagos	59
5.1. Litologia.....	61
5.2. Fracturação	63
5.3. Atitude das camadas	64
5.4. Uso do solo	65

5.5. Altura das arribas	67
5.6. Declive	68
5.7. Proteção do sopé	69
5.8. Mapa de suscetibilidade	71
Capítulo 6. Validação do mapa de suscetibilidade	74
6.1. Validação do mapa de suscetibilidade através da comparação com a ocorrência de movimentos em massa	75
6.2. Comparação dos resultados com os movimentos em massa de vertente registados por Fernando Marques	75
6.3. Notícias relacionados com movimentos em massa nas arribas do Concelho de Lagos	81
Capítulo 7. Suscetibilidade Costeira e o Ordenamento do Território	84
7.1. Avaliação da suscetibilidade costeira e o Ordenamento do Território de Lagos	85
7.1.1. Políticas atuais com influência no ordenamento da Orla Costeira, aplicadas na área em estudo	86
7.1.2. Aplicação dos documentos em vigor nas áreas mais suscetíveis à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos	91
7.2. Evolução da costa rochosa da área em estudo e a ocupação do litoral	92
Capítulo 8. Considerações Finais	94
8.1. Conclusões	95
8.2. Proposta de medidas baseadas nas conclusões obtidas	98
Referências Bibliográficas	100

Índice de Mapas:

Mapa.1 Enquadramento geográfico do concelho de Lagos	12
Mapa.2. Mapa hipsométrico do concelho de Lagos	23
Mapa.3. Estrato carta geológica 1/50 000 52-A Portimão	25
Mapa.4. Rosas anemoscópicas, com a frequência do rumo e da velocidade do vento. Escala 1:500 000.....	33
Mapa.5. Condições de agitação marítima na Costa Sul – Mar de Levante	34
Mapa.6. Enquadramento Administrativo do Concelho de Lagos.....	36
Mapa.7. Variação Percentual da população no Concelho de Lagos, por freguesia, entre 2001 e 2011	37
Mapa.8. Densidade populacional do Concelho de Lagos, por freguesia, em 2011	38
Mapa.9. Variação Percentual do nº de alojamentos por município – Algarve (2001-2011)	40
Mapa.10. Alojamentos registados no concelho de Lagos, por freguesia 2001-2011	41
Mapa.11. Suscetibilidade litológica à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos.....	62
Mapa. 12. Suscetibilidade á erosão costeira consoante a fracturação.....	64
Mapa.13. Suscetibilidade á erosão costeira consoante a atitude das camadas.....	65
Mapa.14. Suscetibilidade á erosão costeira consoante o uso do solo	66
Mapa.15. Suscetibilidade á erosão costeira consoante a altura da arriba.....	68
Mapa.16. Suscetibilidade à erosão costeira consoante o declive	69
Mapa.17. Suscetibilidade à erosão costeira consoante a proteção de sopé	70

Mapa.18. Suscetibilidade à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos.....	71
Mapa.19. Movimentos de vertente registados por Fernando Marques, no concelho de Lagos.....	78
Mapa.20. Suscetibilidade à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos e movimentos de vertente registados por Fernando Marques	79
Mapa.21. Movimentos de vertente registados por Fernando Marques, segundo o tipo de movimento	80
Mapa.22. Suscetibilidade à erosão costeira e localização das notícias Publicadas	83

Índice de Figuras:

Fig.1. Arribas a Este da Praia do Burgau.....	26
Fig.2. Arribas a Leste da Praia da Luz	27
Fig.3. Trecho entre a praia da Luz e a Praia de Porto Mós	28
Fig.4. Praia do Canavial.....	28
Fig.5. Ponta da Piedade	29
Fig.6. Variação Percentual do nº de alojamentos por município – Algarve (2001-2011)	39
Fig.7. Hóspedes (N.º) nos estabelecimentos hoteleiros no concelho de Lagos (2002-2009)	41
Fig.8. Limites propostos nas “Bases para a Estratégia de Gestão Integrada Da Zona Costeira”	45
Fig.9. Esboço de uma arriba e algumas das suas formas	50
Fig. 10. Tipos de Arribas	51
Fig.11. Esboços dos tipos de movimentos de massa de vertente	58
Fig.12. Desenho ilustrativos da atitude de uma feição planar em pontilhado, a direção do plano, enquanto a seta indica o sentido do mergulho.....	64
Fig.13. Visão área da Praia D. Ana.....	67

Fig. 14. Uma das várias notícias que saíram sobre a Praia D. Ana	82
Fig. 15. Faixa de risco máximo para o mar.....	88
Fig.16. Fenda perigosa na arriba da Praia da Batata	97

Índice de quadros:

Quadro.1. Índice de envelhecimento (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011) e Sexo; Decenal.....	38
Quadro.2. Capacidade de alojamentos (Nº) nos estabelecimentos hoteleiros	42
Quadro.3. Graus de fracturação de maciços rochosos	63
Quadro.4. Coeficiente de ponderação atribuído a cada fator.....	72

Abreviaturas

ARH – Administração Regional Hidrográfica

CEHIDRO – Centro de Estudos de Hidrossistemas do Instituto Superior Técnico

CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Algarve

DGOTDU – Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

IGeoE – Instituto Geográfico do Exército

INAG – Instituto da Água

ISRM – Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas

PDM – Plano Diretor Municipal

PEOT – Planos Especiais de Ordenamento do Território

PIB – Produto Interno Bruto

PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território

POOC – Plano de Ordenamento da Orla Costeira

PROCIV – Protecção Civil (cadernos)

PROT – Plano Regional de Ordenamento do Território

PU – Planos de Urbanização

RA – Regiões Autónomas

RAN – Reserva Agrícola Nacional

REN – Reserva Ecológica Nacional

RQD - Índice de Qualidade de Rocha

RMR – Rock Mass Rating

SMR - Slope Mass Rating

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

UOP – Unidades Operativas de Planeamento e Gestão

Capítulo 1. Introdução

Objetivos, questões investigativas e hipóteses

Metodologia

Escolha da Área em Estudo

A orla costeira representa uma unidade geográfica especialmente suscetível a fenómenos naturais perigosos ligados à dinâmica costeira, denotados por processos de erosão e deposição praial, de inundação costeira, de incidência de ventos intensos, entre outros.

A erosão costeira resulta de um conjunto de processos complexos que têm lugar na orla costeira cuja dinâmica envolve escalas temporais muito distintas entre si. Constitui um problema relevante para o ordenamento do território costeiro e para a gestão do risco inerente ao seu uso e ocupação.

O problema da erosão costeira vem sendo observado em diferentes locais do mundo, sendo considerado atualmente um fenómeno global (BIRD, 1993). No entanto, este fenómeno é muito diferenciado local e regionalmente em função de atuações antrópicas diferenciadas (barragens; obras portuárias; dragagens e extração de areias; urbanização e destruição de praias e dunas, etc...).

Vários troços do litoral português são atualmente caracterizados por intensa erosão costeira. Os fatores indutores de erosão costeira são múltiplos. Embora alguns desses fatores sejam naturais, a maior parte é consequência direta ou indireta de atividades antrópicas. Os principais fatores responsáveis pela erosão costeira e consequente recuo da linha de costa são: elevação do nível do mar; diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral; degradação antropogénica das estruturas naturais; obras pesadas de engenharias costeiras, nomeadamente as que são implantadas para defender o litoral.

Até há relativamente pouco tempo os órgãos decisórios e, mesmo, a comunidade técnico-científica (ressalvando raras exceções) não apresentavam indícios de verdadeira preocupação com o fenómeno de erosão costeira generalizada. A erosão costeira era, por via de regra, encarada como fenómeno natural, consequência dos ataques do mar, do qual tínhamos que nos defender (J.M. Dias, 1993).

Desde a última década do século passado, que temos assistido em Portugal a um esforço no sentido de dotar os estudos referentes à determinação das taxas de recuo da linha de costa, do maior rigor possível. A grande disparidade

de técnicas e métodos envolvidos em estudos passados influenciaram naturalmente os resultados.

A principal causa do recuo sofrido pelas arribas rochosas no litoral é a ocorrência de movimentos de massa de diferentes tipos e dimensões, fenómenos que materializam um risco natural considerável. Ao longo do litoral Algarvio, fortemente utilizado do ponto de vista turístico e densamente ocupado por estruturas antrópicas, a ocorrência frequente de movimentos dita a necessidade de condução de estudos de carácter científico que permitam conhecer, de forma conveniente, o comportamento destes fenómenos para podermos, então, mitigar os riscos que lhes estão associados.

Existem atualmente variadas técnicas para avaliação e produção de mapas suscetibilidade à ocorrência de instabilidades em vertentes, com diferenças operacionais e conceptuais ao nível dos tipos de unidades de terreno, das ferramentas de análise e da construção de modelos. O estudo da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente é importante no que diz respeito ao ordenamento da orla costeira, uma vez que possibilitará a identificação e delimitação de setores críticos, definindo faixas de risco e contribuindo para um mais eficiente ordenamento do uso e ocupação do território.

A geodinâmica natural das arribas e o modelo de ocupação turística da Orla Costeira do Concelho de Lagos determina a existência de risco, quer para os utentes das praias por elas suportadas, quer para as estruturas implantadas no topo das arribas, quer ainda para embarcações que naveguem junto à costa. É por este motivo importante realizar um exercício de avaliação da suscetibilidade costeira desta área.

Apesar do interesse desta problemática, são escassos os estudos sistemáticos a ela dedicados, talvez pela complexidade das variáveis em jogo. Tendo em conta a atual importância desta problemática, no presente trabalho optou-se por recorrer a metodologias numéricas semi-quantitativas, para se avaliar a suscetibilidade do litoral rochoso de Lagos à erosão costeira, selecionando-se diversos fatores de predisposição que possuem maior peso na dinâmica destas arribas e realizando uma análise individual de cada fator. Com

a soma dos índices parcelares atribuídos a cada fator serão definidas as áreas mais e menos suscetíveis a erosão costeira na área em estudo.

1.1. Conceitos

No início de qualquer investigação é importante definir e apresentar os conceitos orientadores que servirão de pilar ao longo da prática investigativa. Perigosidade, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco são alguns dos conceitos que se têm que ter em conta na realização deste trabalho.

A perigosidade ou *peligrosidad* (espanhol), *pericolosità* (italiano), *hazard* (inglês) ou *aléas* (francês) é um conceito que transmite o sinal da presença do risco, ou seja, corresponde à probabilidade espacial e temporal de ocorrência de um fenómeno natural com consequências negativas para o Ser Humano e para a sociedade (Rebelo, 2001).

A suscetibilidade pode ser definida, segundo Julião *et al.* (2009), como a incidência espacial da perigosidade, representando a propensão para uma determinada área ser afetada por um determinado processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.

O conceito de vulnerabilidade procura traduzir as consequências previsíveis, sobre o Ser Humano e a sociedade, de um fenómeno natural. Pode ser avaliada de diferentes modos, desde o valor económico-financeiro dos prejuízos (análise custo-benefício) e a quantidade de energia necessária para reparar as perdas e danos, às chamadas técnicas multicritério em que se conjugam diversos destes elementos (Dauphiné (2000), in Cunha e Dimuccio, 2002).

Como conceito de síntese, o risco envolve a análise de duas dimensões, a que se relaciona com a dinâmica natural e que enquadra o conceito de perigosidade, e a que se refere à vulnerabilidade humana, consequente das características demográficas, do poder económico, da forma de organização política e do estatuto e cultural (Cunha e Dimuccio, 2002).

Em 2000, Greve *et al.* no seu trabalho sobre a elevação do nível médio do mar na costa leste da Austrália, definem o risco como a função da probabilidade de ocorrência de um fenómeno e da vulnerabilidade/exposição a agentes erosivos e a processos perigosos decorrentes de fatores naturais.

Mais recentemente, Coelho (2005), no trabalho desenvolvido na faixa litoral do distrito de Aveiro, define o risco como sendo o produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado (temporal, erosão), pela sua consequência igualmente indesejada (mortes, ferimentos, perdas de território, inundação, destruição do edificado, perda de atividades económicas, afetação de um ecossistema).

Deste modo, é a combinação funcional entre o fator *aléas* (ou *hazard*) e o fator vulnerabilidade que traduz o conceito de risco (Cunha e Dimuccio, 2002).

1.2. Objetivos, questões investigativas e hipóteses

O presente estudo tem como base três questões investigativas fundamentais, acompanhadas de várias hipóteses:

- Tem existido uma maior preocupação com a erosão costeira em costa rochosa na área em estudo?
 - ❖ São escassos os estudos sistemáticos dedicados a esta temática, na área em estudo, talvez pela complexidade das variáveis em jogo.
 - ❖ Existe uma certa dificuldade em encontrar dados, mapas e dados em Sig para realizar um estudo sobre a suscetibilidade à erosão costeira.

- A geodinâmica natural das arribas da Orla Costeira do Concelho de Lagos determina diferentes níveis de suscetibilidade de erosão costeira?
 - ❖ Existem diferentes níveis de suscetibilidade da Costa Rochosa ao longo da Orla Costeira de Lagos à erosão costeira.
 - ❖ A litologia é um dos fatores com maior importância na análise da suscetibilidade a erosão costeira.
 - ❖ A suscetibilidade à erosão costeira é mais elevada nas áreas urbanizadas do concelho de Lagos.

- O modelo de ocupação turística da Orla Costeira do Concelho de Lagos agrava a erosão costeira desta área?
 - ❖ A ocupação turística tem contribuído para o aumento das áreas urbanizadas no litoral do concelho de Lagos.
 - ❖ As estruturas turísticas que exercem pressão sobre as arribas têm contribuído para um aceleração da erosão costeira.

Este estudo tem dois objetivos principais concertados: 1) selecionar alguns fatores de predisposição que possuem maior peso na erosão costeira em arribas; e 2) através de uma metodologia numérica avaliar a suscetibilidade do litoral rochoso de Lagos.

Este estudo será dividido em seis partes, assim sendo, a primeira parte tem como objetivo a apresentação dos conceitos principais das temáticas em

análise (erosão costeira, suscetibilidade, vulnerabilidade), dos objetivos, das questões investigativas, das hipóteses, das metodologias e do estado da arte.

A segunda parte tem como objetivo fazer uma caracterização física de Lagos, tendo em conta as suas características geomorfológicas, geológicas, climáticas e marítimas e a caracterização humana, tendo em conta a densidade populacional, a ocupação urbana e a ocupação turística. A terceira parte deverá apresentar o quadro teórico, ou seja, conceitos, processos e formas que dizem respeito ao ambiente litoral.

A quarta parte corresponde ao estudo empírico de caso. Sendo a parte mais importante do trabalho, tem como objetivos avaliar e analisar os fatores, previamente escolhidos, que condicionam a erosão costeira nas arribas da Orla Costeira do Concelho de Lagos e elaborar um mapa de suscetibilidade através da soma dos índices parcelares de cada fator.

Após a realização do mapa de suscetibilidade, será necessário validar o seu resultado recorrendo-se a registos de ocorrências de movimento em massa nas vertentes, já realizados por outros investigadores, e através da recolha de notícias em jornais regionais e nacionais.

A última parte deste trabalho consiste na discussão da importância que a avaliação da suscetibilidade à erosão costeira e a evolução das arribas da área em estudo tem no ordenamento e planeamento do território e vice-versa, pois uma má gestão do ordenamento do território pode ter consequências bastante negativas na evolução das arribas contribuindo para o aumento das áreas suscetíveis.

1.3. Metodologia

Os movimentos em massa de diferentes tipos e dimensões são os principais processos envolvidos na evolução de arribas, sendo uma fonte considerável de risco natural. Para resolver o problema da avaliação da componente espacial da erosão costeira em litoral rochoso, ou seja, a suscetibilidade, será realizado nesta tese um estudo baseado em metodologias algébricas já utilizadas por outros investigadores, como por exemplo Marques e Romariz (1989).

Tendo em conta as características da área escolhida para realizar este estudo e estudos realizados sobre a suscetibilidade à erosão costeira do litoral rochoso por autores que se preocupam com esta temática como é o caso de Cesar Andrade (1989) Fernando Marques (1997), Carlos Coelho (2005), entre outros, foram selecionados os fatores julgados com maior incidência na suscetibilidade à erosão costeira: litologia, fracturação, uso do solo, altura da arriba, proteção do sopé, atitude das camadas e declive.

Após selecionar-se esses fatores, através da utilização do ArcGis 9.3, será projetada uma grelha que divida a área em estudo (que se estende de Este do Burgau até a Cidade de Lagos), em quadrículas de 100x100m (foi escolhida esta distância para ser possível uma avaliação mais pormenorizada dos fatores). Cada fator vai ser avaliado individualmente, tendo em conta os níveis a si associados, nessa quadrícula.

O mapa de suscetibilidade resulta da soma dos índices parcelares atribuídos a cada elemento da malha. No entanto, nem todos os elementos terão a mesma importância na evolução das arribas. Tendo em conta estudos realizados por Bieniawski (1979), Romana (1988), Marques e Romariz, (1989) e as características da área em estudo optou-se por atribuir coeficiente de ponderação 3 à litologia e à fracturação, 2 ao uso do solo e 1 aos restantes fatores (altura da arriba, proteção do sopé, atitude das camadas e declive).

Para a elaboração deste trabalho de investigação serão utilizados trabalhos já existentes sobre o assunto e sobre a área em causa, alguns dos quais já foram desenvolvidos e outros que ainda estão em desenvolvimento nas Universidades de Lisboa e do Algarve.

Para uma melhor análise dos processos litorais e avaliação dos fatores anteriormente referidos, será feito também trabalho de campo.

Nesta investigação também irei recorrer à cartografia existente sobre a área (Carta Militar 1:25 000, Carta Geológica 52 – A Portimão 1:50 000) e aos dados Sig's (Corine Land Cover). Serão ainda utilizadas notícias de jornais, para verificar, através de ocorrências passadas, se as áreas consideradas no estudo como mais suscetíveis a erosão costeira, foram, de facto, as mais afetadas por acidentes costeiros.

1.4. Escolha da Área em Estudo

Mais de 40% do litoral português é constituído por praias e constitui importante atrativo para o turismo. As praias portuguesas têm vindo a ser intensivamente procuradas pelo turismo internacional.

À apetência intrínseca dos litorais arenosos para o turismo, junta-se o atrativo dos litorais rochosos, frequentemente associados, também, a praias. Efetivamente, cerca de 45% do litoral português é constituído por arribas vivas, das quais 30% são talhadas em formações do soco, 54% em formações da cobertura mesocenozoica resistente e 16% em formações moveis (J. DIAS, 1993).

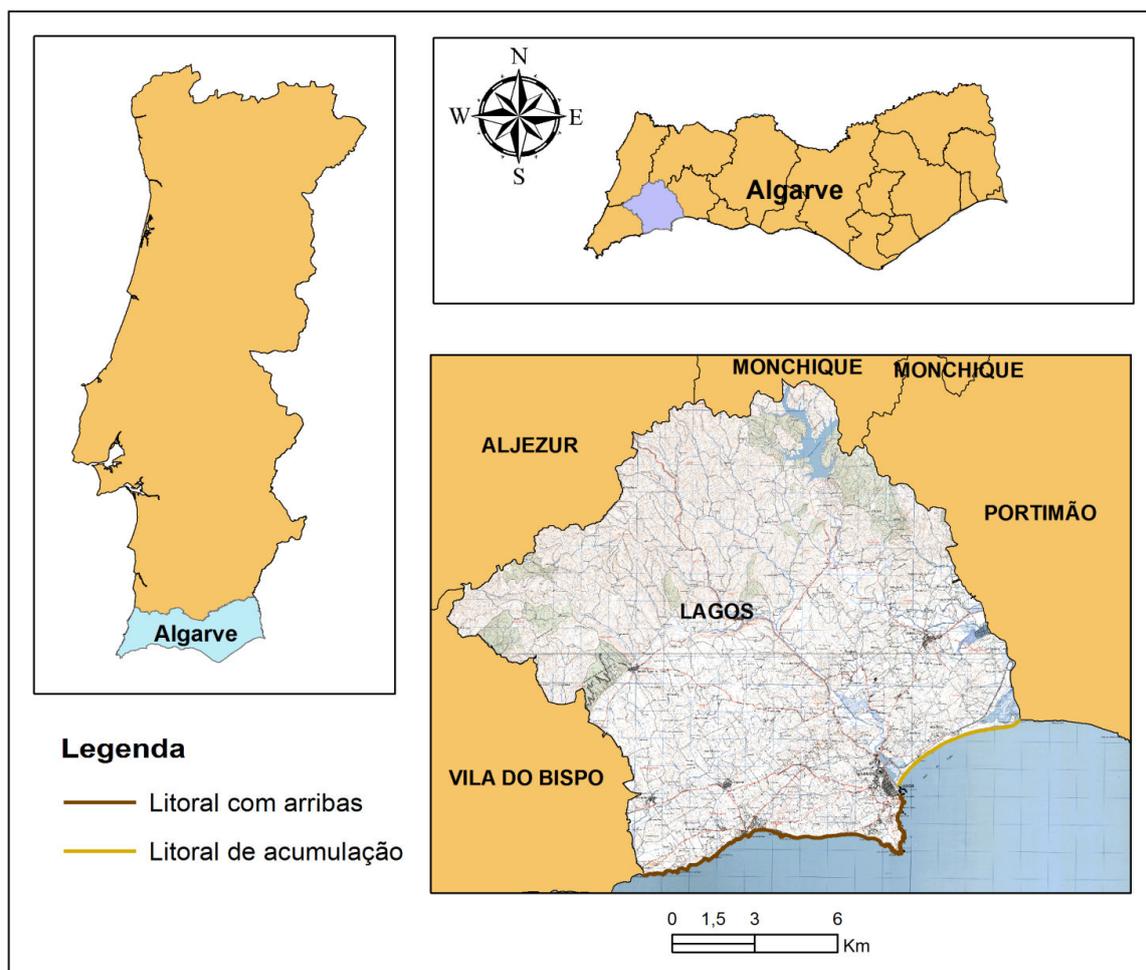
De uma forma simplificada, o litoral algarvio divide-se em dois tipos de costa distintos: um litoral rochoso de arribas que se estende desde Odeceixe até ao Ancão e um litoral arenoso para leste do Ancão até à desembocadura do Guadiana. Neste litoral arenoso situa-se o importante sistema de ilhas barreira que dá origem à denominada Ria Formosa.

A norte do cabo de São Vicente, o litoral é talhado em formações paleozoicas. Deste cabo para leste surgem sucessivamente formações jurássicas, cretácicas, miocénicas, plio-quadernárias e atuais. Na costa algarvia existem tipos litológicos muito variados, nomeadamente xistos, grauvaques, calcários, dolomitos, calcarenitos, siltitos, arenitos, conglomerados, rochas eruptivas e areias atuais. O rendilhado das formas cársicas não falta, também. Esta variabilidade faz do Algarve uma região privilegiada para estudos de geologia costeira.

Do ponto de vista geomorfológico a riqueza do litoral algarvio encontra-se bem vincada na paisagem, fruto dos sucessivos retoques pelos processos continentais e marinhos.

A área escolhida para desenvolver este estudo foi, como referimos, a orla costeira do concelho de Lagos.

Lagos situa-se na faixa costeira ocidental do Algarve e constitui, juntamente com os concelhos de Vila do Bispo e Aljezur, uma sub-unidade territorial usualmente designada por Barlavento Litoral. A Baía de Lagos, com mais de quatro quilómetros de extensão, é uma das maiores da Europa.



Mapa.1 Enquadramento geográfico do concelho de Lagos
(dados: Atlas do Ambiente; Cartas militares 1/25 000 (602,603))

A área costeira de Lagos é uma área de grande sensibilidade do ponto de vista ambiental. A partir da década de 60 do século XX houve um largo período no qual esta área foi objeto de grande pressão construtiva e especulativa, tendo algumas parcelas rurais mudado de mão mais do que uma vez.

Lagos faz parte do sector costeiro do Algarve onde a ocupação humana é mais intensa, sendo muito numerosos os casos de edificação situadas junto ao bordo das arribas. Muitos desses casos refletem a ausência de qualquer planeamento prévio e a falta de preocupação por parte da população. Como consequência, a natural evolução das arribas tem causado impactos significativos sobre infraestruturas e conduzido a numerosas intervenções de proteção e estabilização de edificações ameaçadas.

Como foi dito, são escassos os estudos sobre a costa rochosa desta região, o que é surpreendente, devido ao elevado interesse das arribas na região, tanto do ponto de vista de evolução do conhecimento científico, como das evidentes implicações em domínios aplicados.

Os principais motivos que levaram à escolha desta área foram: a geodinâmica natural das arribas e o modelo de ocupação turística, o aumento da preocupação com o risco de erosão costeira no Algarve e o aumento da preocupação, por parte dos decisores locais, com o risco de erosão costeira neste concelho.

O que leva a que este estudo se foque no território de um concelho é o facto do seu contributo para a proteção civil ser mais vantajoso, se realizado a nível municipal, uma vez que se for tomada alguma medida de sensibilização e de mitigação, será a nível do concelho.

Capítulo 2. Estado da Arte

Estado atual do conhecimento e estudos

Referências à evolução do litoral rochoso de Lagos

2.1 Estado atual do conhecimento e estudos desenvolvidos sobre a erosão costeira

A erosão costeira é um fenómeno global que ocorre essencialmente nas margens oceânicas, mas também nas lacustres, e que vem sendo referida na literatura técnico-científica há várias décadas (Charlier e Meyer, 1998). Estes autores referem que parar a erosão costeira e o recuo da linha de costa é uma tarefa impossível, uma vez que se trata de um processo natural de evolução destas áreas de interface entre o ambiente marinho e o ambiente terrestre. O processo de erosão costeira resulta da contribuição de diversos processos e fatores que frequentemente atuam em conjunto, sendo os mais óbvios as tempestades costeiras e as ondas associadas, as correntes fortes, o vento, a gravidade, o material em que as arribas são talhadas e as características morfotexturais das praias. A variação do nível médio do mar a curto, a médio ou longo prazo, bem como a alteração da morfologia (paisagem) costeira causada pela ação do homem, por exemplo através da construção de esporões ou de defesas aderentes.

Contudo, este processo pode ser retardado ou minimizado, podendo, por vezes, as zonas fortemente afetadas pela erosão serem parcialmente ou totalmente recuperadas, mesmo que de modo efémero. No entanto estas intervenções de recuperação não têm grande interesse, pois se não tiverem como finalidade uma recuperação durável (ou sustentável) estas não se justificam, sendo quase sempre muito dispendiosas.

Apesar de ser um fenómeno natural, a erosão pode ser considerada como problema a partir do momento em que causa perdas e danos a pessoas e bens, no caso a propriedades e construções, sejam elas públicas ou privadas. Em 1985, Bird publicou um estudo da International Geographical Union's Commission on the Coastal Environment mostrando que 70% da linha de costa do mundo se encontrava em retração. Várias habitações e equipamentos comerciais e públicos situados na linha de costa encontrava-se em risco devido à erosão.

A erosão costeira é um problema generalizado a quase todos os países costeiros europeus, tendo vindo a atingir valores muito preocupantes. Têm sido feitos esforços para minimizar este problema, alguns dos quais no sentido de uma sustentabilidade ambiental e social da zona costeira, a longo prazo. Mas algumas medidas implementadas perante o estado crítico do troço costeiro e resistentes às condições de agitação marítima, acabam por induzir consequências negativas, como são exemplo

as soluções remediativas de implementação de estruturas rígidas de defesa costeira que inclusivamente, como assegura o projeto EUrosion¹ (EC, 2004),

O projeto EUrosion concluiu que “o limitado conhecimento sobre os processos de transporte sedimentar pelas correntes de deriva litoral resultou, em muitos casos, na opção por medidas de mitigação inadequadas. Em diversos locais, as medidas levadas a cabo para sustentar a erosão costeira resolveram o problema localmente mas aceleraram o fenómeno em locais próximos ou geraram outros problemas ambientais.”

Algumas dessas medidas são a construção de estruturas permanentes construídas com blocos de betão ou enrocamento com a função de fixar a linha da costa e proteger zonas definidas (obras longitudinais aderentes, esporões, quebramares destacados e revestimentos). Com efeito, ao interromperem o transporte sedimentar associado às correntes de deriva litoral, as praias e dunas a sotamar deixam de ser tão alimentadas sofrendo erosão progressiva.

Em Portugal, até há relativamente pouco tempo, os órgãos decisores e, mesmo, a comunidade técnico – científica não apresentava indícios de verdadeira preocupação com o fenómeno da erosão costeira generalizada. Mas, face à amplitude de que o problema se começou a revestir em Portugal nas décadas de 70/80, iniciou-se a elaboração de estudos, englobando todo o litoral, com o objetivo, pelo menos implícito, de intervir em todas as zonas ou pontos suscetíveis de, a curto ou médio prazo, virem a constituir problemas de erosão costeira.

No final dos anos 70 alguns incidentes na costa ocidental portuguesa, nomeadamente na região centro, levaram a que surgissem alguns estudos inovadores sobre a temática do litoral, como os de F. Rebelo (1978), M. Feio (1978), M. Feio e G. Almeida (1980).

Pela mesma altura têm início projetos de investigação sobre o litoral, com destaque para os da geógrafa Maria Eugénia Moreira, da Universidade de Lisboa que deram origem a diversos relatórios e artigos focalizados sobre a dinâmica e as paisagens do litoral português e de Moçambique (1979). O Centro de Estudos Geográficos de Lisboa prosseguiu os estudos sobre o litoral, no contexto do entendimento dos respetivos processos, depósitos e formas, com destaque, a partir dos finais de 80, para Ana Ramos Pereira (1987). Dando mais importância a evolução quaternária dos depósitos e formas litorais, Maria Assunção Araújo, geógrafa da Universidade do Porto, acaba por se interessar também pela dinâmica recente da faixa de costa no norte do país (1991).

¹ Por iniciativa do Parlamento Europeu, a Direcção-Geral do Ambiente supervisionou o Projeto EUrosion que visou a quantificação do estado, impacto e tendências de erosão na Europa e a avaliação das ações necessárias ao nível da União Europeia, dos Estados-Membros e das Regiões (IHRH e POCOAST, 2006)

A década de oitenta recebeu um contributo importante de um geólogo, Gaspar Soares de Carvalho que, a norte do país, retoma os seus estudos sobre o litoral, quer só (1980), quer em colaboração com Helena Granja (Carvalho & Granja, 1986), preocupando-se com o estabelecimento da cronologia dos depósitos recentes costeiros e com o problema da erosão da costa a norte do Cabo Mondego.

Entretanto, trabalhando em paralelo e, por vezes, em conjunto, alguns geólogos de Lisboa e, mais tarde do Algarve, dedicam-se também às temáticas do litoral, em particular à evolução das suas formas, à sedimentação e à sua dinâmica: são exemplos César Andrade (1990), Maria Conceição Freitas (1995), J. M. Alveirinho Dias (1987), Óscar Ferreira (1993) e Fernando Marques (1997).

Alguns autores importantes que se devem ter em conta quando se aborda esta temática são também António Campar de Almeida, professor da Faculdade de Letras da Universidade Coimbra, que tem dedicado a sua investigação aos temas do litoral, especificamente aos sistemas dunares e ao interface praia-dunas, Maria Virgínia Henriques², professora do departamento de Geociências da Universidade de Évora, que tem entre os seus principais interesses Geomorfologia e Dinâmica do litoral e Ordenamento do litoral, e Fernando Veloso Gomes, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e consultor para a gestão de zonas costeiras e proteção costeira do Ministério do Ambiente.

Portugal não se encontra, assim, atrasado relativamente aos outros países europeus, no que se refere ao estudo da temática da erosão costeira. Pelo contrário, possui uma “escola” científica de geociências costeiras que se encontra em pleno desenvolvimento, e que em grande parte dos países não existe ou é incipiente. O grau de informação e de consciencialização das populações é, também, maior em Portugal do que na maior parte da Europa, o que, pelo menos parcialmente, advém da importância de que o nosso litoral se reveste para a sociedade portuguesa (J. Dias 1993).

A erosão costeira divide-se entre a destruição de praias e sistemas dunares e a instabilidade e recuo de arribas, como será explicado no capítulo seguinte. Ao contrário da vasta bibliografia existente para os litorais arenosos, a bibliografia para a evolução dos litorais rochosos é relativamente escassa e baseia-se muito nos textos de Sunamura (1992) e também nos de Trenhaile (1987). Isto acontece, porque, num meio tão dinâmico como é a interface entre o mar e o continente, o estudo de uma

² Centra principalmente os seus estudos na área da Nazaré, a sua tese de doutoramento restringe-se a essa área: Henriques, M.V. (1996) “A Faixa litoral entre a Nazaré e Peniche. Unidades geomorfológicas e dinâmica atual dos sistemas litorais. Dissertação de doutoramento, Universidade de Évora.

evolução rápida e espetacular parece ser mais atrativo do que o duma evolução relativamente lenta, e onde os métodos de investigação têm que ser obrigatoriamente adequados a essa relativa lentidão de processos.

À escala do planeta, as arribas rochosas compreendem 75% de toda a faixa costeira (Lim *et al.*, 2005), mas o conhecimento acerca dos fenómenos de recuo destes litorais, os seus processos e mecanismos, bem como a respetiva distribuição espacial é ainda limitado, especialmente devido à dificuldade de obtenção de dados quantitativos acerca das alterações morfológicas sofridas nestes locais. Alguns exemplos de trabalhos mais recentes realizados no sentido de melhor conhecer o recuo sofrido por arribas rochosas podem encontrar-se em LIM *et al.* (2005), Costa *et al.* (2004), Zviely *et al.* (2004) e Hapka *et al.* (2004), entre outros.

O caso de Portugal não é diferente do panorama internacional. Nos últimos anos têm sido realizados alguns estudos com o objetivo de determinar quantitativamente o recuo sofrido por determinados sectores litorais de arribas.

Estudos efetuados para a costa portuguesa mostram que as zonas costeiras onde se evidenciam maiores problemas devido aos processos de erosão são o trecho entre Douro e a Nazaré, seguido do trecho entre Caminha e o Douro, sendo a zona com menos problemas de erosão o trecho entre Vilamoura e a Foz do Guadiana (SIDS, 2007).

A grande maioria dos trabalhos realizados para a costa portuguesa baseia-se na utilização de técnicas fotogramétricas. Os procedimentos fotogramétricos digitais, nomeadamente o processo de estereorrestituição aplicado à quantificação do recuo das arribas, mostram-se muito úteis na quantificação de parâmetros de erosão costeira (Catalão *et al.*, 2002) e na determinação quantitativa precisa de distâncias de recuo de arribas (Zviely *et al.*, 2004), especialmente devido à complexa natureza do terreno das regiões costeiras, que tem de ser representado com grande resolução [Mills *et al.*, 2005).

Também no litoral algarvio, foram realizados estudos deste género, em particular no sector compreendido entre Albufeira e o sítio de Ancão, um segmento cuja intensidade erosiva levanta preocupações. Dos estudos referentes a este troço litoral são exemplo: Dias (1992), Marques (1997), Catalão *et al.* (2002), Oliveira (2003), Oliveira *et al.* (2008) e Matildes *et al.* (2008).

Mas, no Algarve esta temática tinha vindo já a ser estudada desde o início da década de 80 do século passado por vários autores: Granja, (1984; 1986, 1988); Bettencourt, (1985); Marques e Romariz, (1997); Marques, (1991); Andrade *et al.*, (1991); Andrade, (1990); Pereira, (1996), utilizando métodos diversificados tais como

comparação cartográfica, medições diretas em fotografia aérea vertical, medições periódicas no terreno, técnicas fotograméticas, etc).

Um dos investigadores que mais tem atualmente desenvolvido vários estudos acerca da erosão costeira no Algarve é João Manuel Alveirinho Dias, docente da Universidade do Algarve no Departamento de Ciências da Terra do Mar e do Ambiente com trabalhos nas seguintes áreas: Ciências da Marinha, Geologia Costeira, Dinâmica Sedimentar, Gestão Costeiro, Impactos das Mudanças Climáticas.

O CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Algarve, que tem como área temática as Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente, tem vários investigadores que têm abordado a temática da erosão costeira em arribas nos seus estudos mais recentes.

Apesar de existirem vários estudos sobre a erosão costeira em litoral rochoso no Algarve não existe nenhum, especificamente realizado na área de estudo desta investigação, que corresponde à orla costeira do concelho de Lagos. No entanto, existem alguns trabalhos mais amplos, que abrangem esta área, como é o caso da tese de Doutoramento do geólogo Fernandes Marques, em 1997, sobre “As Arribas do Litoral do Algarve.

2.2. Referências à evolução do litoral rochoso de Lagos

O estudo do recuo e evolução geomorfológica das arribas não é simples. Ocorrendo na interface litosfera/hidrosfera/atmosfera, as arribas sofrem a ação de processos muito variados, da interação dos quais resulta o tipo e intensidade do recuo. Acresce ainda o facto de fatores biológicos e, particularmente, dos fatores antrópicos se constituírem como elementos perturbadores do sistema, como será explicado mais adiante neste estudo.

Como já foi referido, são escassos os trabalhos que abordam o litoral rochoso de Lagos e existem muito poucas referências à sua evolução.

A evolução considerável destas arribas foi documentada pelo menos desde meados do século XIX, por exemplos de carácter local e quase sempre baseados na destruição de construções antigas, de infra-estruturas ou, mesmo, de singularidades morfológicas. Silva Lopes (1841), referindo-se ao litoral entre a Ponta da Piedade e Lagos, escreveu: “o mar tem engolido não poucas varas de terra, de sorte que muitos armazéns da ribeira já não existem”.

O litoral entre a Ponta da Piedade e Lagos apresenta um desenho muito rendilhado sendo possível, com frequência, deduzir o antigo modelado cársico agora em fase de destruição. É o que se verifica, por exemplo, na Ponta da Piedade, cujo contorno complexo advém nitidamente da erosão consecutiva de um carso que incluía vários algares.

Há, neste sector, indícios seguros de recuo da costa. Refere-se, a título de exemplo, o leixão da Cruz, junto à Ponta da Piedade, encimado pela haste de antiga cruz, o qual em tempos não muito distantes, estava ligado à terra. Diz a tradição que por lá passava a procissão de Nossa Senhora da Piedade.

Em 1919, Pereira de Sousa, baseado na análise de documentos mais antigos, dos quais se destacam as “Memórias Paroquiais” depositadas na Torre do Tombo, analisou os efeitos do sismo de 1755 e descreveu a ocorrência de destruição de edifícios, desmoronamentos ou casos de evolução rápidas de arribas, especialmente na zona anteriormente referida.

Os primeiros dados quantitativos sobre a evolução das arribas na costa de Lagos (fundamentalmente resultante da ocorrência de movimentos em massa na vertente) foram obtidos no âmbito da tese Doutorado do geólogo Fernandes Marques, em 1997.

Esse estudo foi realizado por fotointerpretação, segundo métodos concebidos para o efeito, complementada por comparação cartográfica, por análise de informação histórica e por indícios geomorfológicos de evolução a longo prazo.

Fernando Marques identificou 44 movimentos em massa no litoral rochoso de Lagos no período de 1947-1992, sendo que mais de metade destes movimentos (25) ocorreu entre a Ponta da Piedade e Lagos. Mais adiante será realizada uma análise mais pormenorizada destes dados.

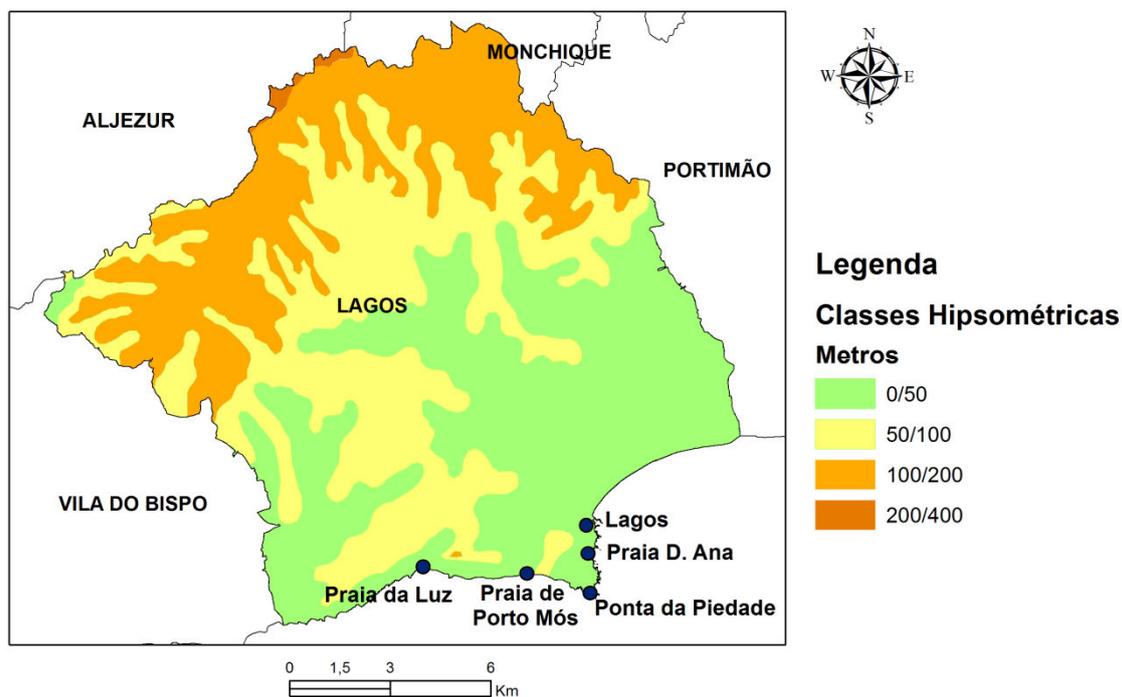
Capítulo 3. Enquadramento da Área em estudo

Caracterização física

Caracterização humana

O concelho de Lagos, como foi referido anteriormente, situa-se na faixa costeira ocidental do Algarve, apresenta um clima temperado mediterrânico, com verões quentes e secos e invernos suaves e chuvosos; a precipitação distribui-se de forma irregular ao longo do ano, concentrando-se nos meses de Inverno, Outono e Primavera.

Geomorfologicamente, divide-se em dois grandes domínios, designadamente o Barrocal Algarvio e a Orla Algarvia. O relevo é muito pouco acidentado, destacando-se a Atalaia (109 m) e Álamos (181 m) como áreas de maior altitude.



Mapa.2. Mapa hipsométrico do concelho de Lagos (dados: Atlas do Ambiente)

As características biofísicas no município de Lagos determinam que a sua área geográfica apresente diversidade ao nível de paisagens e habitats, tratando-se de um município que possui cerca de 25% da área do seu território inserida em áreas classificadas³, do ponto de vista da conservação da natureza (Câmara Municipal de Lagos, 2005).

O município de Lagos possui uma linha de costa com cerca de 15 km, distribuída por zonas portuárias, zonas balneares designadas e por zonas não balneares.

De acordo com a informação disponibilizada pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), no município de Lagos existem atualmente 7 zonas

³ Em 2004 foi criada uma comissão intermunicipal entre as Câmaras Municipais de Portimão e de Lagos com vista à criação da área de paisagem protegida intermunicipal da Ria de Alvor a integrar a Rede Nacional das Áreas Protegidas.

balneares designadas, nomeadamente a Praia da Luz, a Meia Praia, a praia D. Ana, a praia de Porto de Mós, a praia da Batata, a praia do Cais da Solaria e a Praia de Lagos - S. Sebastião.

É um dos sectores costeiros do algarve onde a ocupação humana é mais intensa, sendo muito numerosos os casos de edificações situadas junto ao bordo superior das arribas. O concelho de Lagos é sobejamente conhecido como um destino turístico bastante atrativo e tem nos últimos anos efetuado um enorme investimento nesta atividade económica, o que resultou num aumento significativo das áreas urbanas.

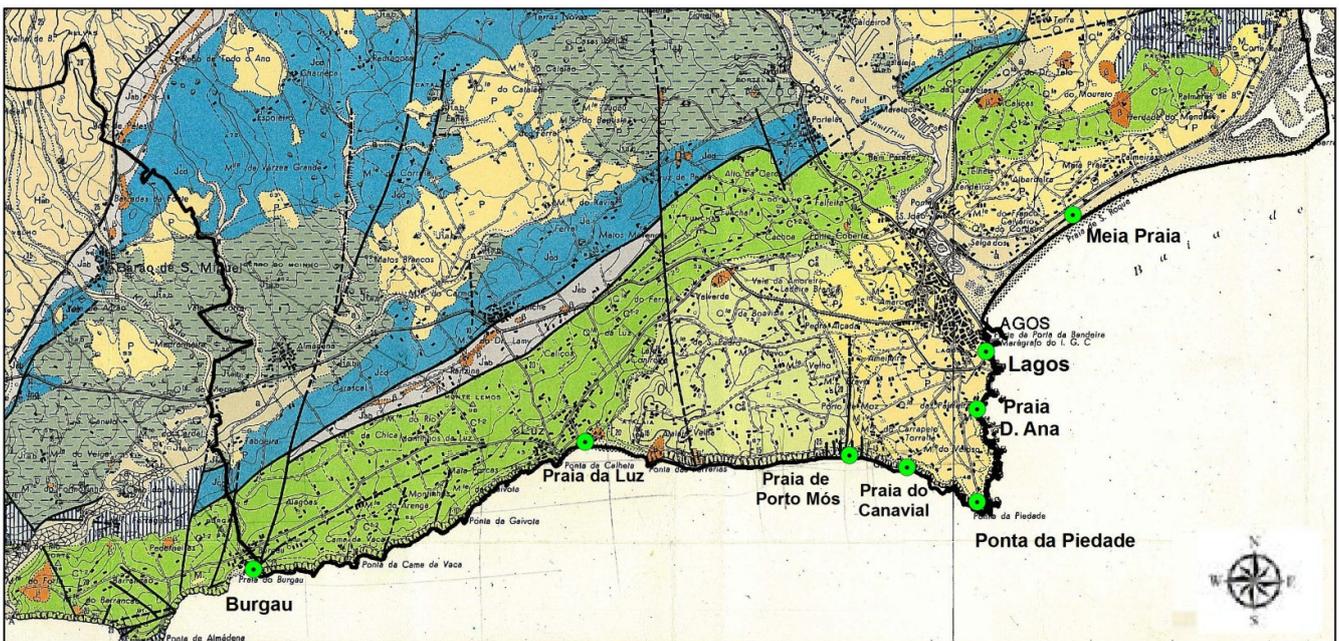
As grandes potencialidades turísticas deste troço da orla costeira determinaram, no entanto, uma intensa procura e ocupação, nem sempre compatível, quer com a capacidade de suporte dos sistemas naturais, originando situações em alguns casos irreversíveis de destruição de recursos, quer mesmo com os próprios objetivos de qualidade de oferta turística.

3.1. Caracterização física

3.1.1. Caracterização geológica e geomorfológica

Podemos distinguir duas áreas diferentes na orla costeira de Lagos, tendo em conta as características geológicas. Do extremo SW do concelho até Porto de Mós, onde as arribas talhadas predominantemente em formações de idade cretácica se estendem até um pouco a leste da praia de Porto de Mós, a litologia é essencialmente carbonatada, frequentemente margosa ou gresosa. Algumas irregularidades no desenho da linha de costa são provocadas pela presença de rochas eruptivas. Por vezes, como acontece a oeste da praia da Luz, as camadas inclinam para o mar, apresentando nas "arribas" declives condicionados pela estratificação.

Desde um pouco a oriente da praia de Porto de Mós até a SE da cidade de Lagos a linha de costa é talhada em rochas de idade miocénica, com litologia variada, nomeadamente calcários, calcarenitos e siltitos.



Mapa.3. Estrato carta geológica 1/50 000 52-A Portimão (Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos)

Legenda

Aluviões	Aptiano	Hetaniano-Triásico (?); complexo marão - carbonatado
Areias de praia	Cretácico Inferior Indiferenciado	Namuriano superior - Westfaliano
Plio-oligocénico Indiferenciados	Portlendiano (J ⁵), Kimérico (J ⁴)	Basaltos, basaltos doleritos, basanitoides, etc
Areias vermelhas	Etoniano (J ⁶), Baiociano (J ²), Asleniano (J ¹)	Limburitos ancarmitos, etc
Miocénico Marinho	Liássico dolomítico: Carniano (J ³), Sinemuriano (J ⁰)	
Limite do Concelho de Lagos	Localidades	

Entre o Burgau e a Luz, para E, observa-se uma serie calco-margosa de Cretácico basal (Berriasiano – Barreniano) que corresponde a um conjunto de formações da base do Cretácico, desde os níveis de passagem do Jurássico ao Cretácico, com fáceis lagunar.



Fig.1. Arribas a Este da Praia do Burgau

Em termos litológicos são essencialmente alternâncias de calcários mais ou menos margosos, e margas, siltitos e argilitos.

Estas unidades encontram-se bem expostas nas arribas para Leste da Ponta de Almádena (situada a oeste do Burgau), em continuidade com o Jurássico terminal. Para oriente é visível a sucessão bastante completa de todo o Cretácico Inferior, cortada por falhas que ocasionam algumas repetições de conjuntos de camadas, e que termina na Praia do Canavial (cerca de 2km de Lagos). Neste local, as camadas da base do Miocénico assentam no substrato cretácico por discordância angular.

Na Ponta da Calheta (Luz), pode observar-se uma unidade de Arenitos com calcários com *Palorbitulina lenticularis* e *Nerinea algarbiensis* (Cretácico inferior, Apciano). Compreende essencialmente arenitos grosseiros, por vezes conglomeráticos, acastanhados e amarelados, com cimento calcário, com laminação oblíqua e camadas de espessura decimétrica a métrica, alternado com calcários arenosos, calciclásticos e oolíticos, e contendo clastos de quartzo e quartzito. A espessura da série ultrapassa 30m, inclinando em geral, cerca de 4° a 6° para sul.



Fig.2. Arribas a Leste da Praia da Luz

Nas arribas imediatamente a leste de Luz afloram as Margas da Luz (Cretácico inferior, Apciano), que compreendem argilas, siltitos e margas, de cores variadas, violáceas, verdes, vermelhas e brancas, em camadas espessas, por vezes superiores a dezenas de metros, com raros níveis de intercalados de calcários margosos, por vezes detríticos e arenitos com cimento calcário. Na Praia da Luz a espessura da série atinge cerca de 100 m, com as camadas a inclinarem cerca de 4 a 6° graus para leste.

O suporte litológico principal das arribas compreendidas entre a Praia da Luz e a Praia do Canavial é a formação de Margas e Calcários de Porto Mós (Cretácico inferior, Apciano). Ocorre em continuidade com a unidade anterior, sendo cortada por pequenas falhas e por um cavalgamento sobre a formação do Miocénico, de orientação N-S, que atinge o litoral de Porto Mós. Neste local, em épocas de grande emagrecimento da praia, normalmente na sequência de temporais, a plataforma de abrasão fica exposta, e permite observar os calcarenitos miocénicos sobrepostos à sequência cretácica.

Esta formação é essencialmente constituída por alternância de margas, argilitos e siltitos, esverdeados e acinzentados, em camadas de espessura decimétrica a métrica, calcários margosos, frequentemente nodulares, amarelados, cinzento-azulados ou esverdeados, e calcários esbranquiçados (Fernando Marques, 1997).



Fig.3. Trecho entre a praia da Luz e a Praia de Porto Mós

A partir da Praia do Canavial (a SW de Lagos) o suporte litológico das arribas é essencialmente constituído por biocalcarenitos da Formação Carbonatada de Lagos-Portimão (Miocénico inferior, Aquitaniano-Burdigaliano), muito carsificados, sub-horizontais ou inclinando suavemente para sul ou sudoeste. Encontram-se parcialmente cobertos por areias grosseiras silto-argilosas, avermelhadas, de idade controversa, englobadas habitualmente na designação genérica de Plio-pleistocénico.



Fig.4. Praia do Canavial

Esta formação encontra-se muito carsificada, com preenchimento das depressões, habitualmente pequenos algares com diâmetro da ordem da dezena de metros, por depósitos argilosos e arenosos, de cor avermelhada, semelhantes aos da cobertura Plio-pleistocénica.

Na Praia do Canavial as primeiras camadas miocénicas assentam, em discordância angular pouco acentuada, sobre os terrenos do Cretácico inferior (Margas e calcários de Porto Mós), preenchendo cavidades originadas por organismos litófagos.

Este litoral entre a Ponta da Piedade e Lagos apresenta um desenho muito rendilhado sendo possível, com frequência, deduzir o antigo modelado cársico agora em fase de destruição.

É o que se verifica na Ponta da Piedade, cujo contorno complexo advém nitidamente da erosão de vários algares. Há, neste sector, indícios seguros de recuo da linha de costa.



Fig.5. Ponta da Piedade

Na área em estudo também se observam afloramentos de litótipos de natureza ígnea. As manifestações de magmatismo filoneano aparecem, em parte, a preencher fraturas, ou a acompanhá-las, paralelamente, a curta distância.

Na secção entre a falha do Vale de Bensafrim – Ponta de Ferrarias e a da Lagoa da Rosa – Praia do Burgau podemos encontrar um lamprófiro, a conhecida chaminé vulcânica que forma a Ponta das Ferrarias na parte E da Praia da Luz, e um aforamento de basanita, junto da povoação da Luz, na arriba da praia com o mesmo nome.

A oriente de Lagos estendem-se longos areais em conexão com a foz do Bensafrim e do sistema Alvor-Odiáxere. A progressão de restingas arenosas a partir da Meia Praia, a ocidente, e da zona da Ponta João de Arens, a oriente, anastomosou as fozes do Alvor e de Odiáxere, criando um ambiente de barreira, mediamente desenvolvido e muito assoreado.

Geomorfologicamente, o município de Lagos divide-se em dois grandes domínios, designadamente no Barrocal Algarvio e na Orla Algarvia. A primeira consiste numa zona calcária, situada a Sul da Serra algarvia, e é constituída por rochas mesozoicas entre as quais sobressaem, pela sua importância no relevo, os calcários.

Por seu turno, a Orla Algarvia divide-se em duas zonas distintas designadas por Área Planáltica Central e Relevos Monoclinais do Litoral.

A Área Planáltica Central abrange toda a faixa central do município, apresentando cerca de 5 km de largura e mais de 10 km de comprimento. Apresenta uma morfologia com características de paisagem calcária, em que as formações se apresentam irregularmente carsificadas à superfície, razão pela qual são criadas condições preferenciais à infiltração de águas de escorrência superficial. Por sua vez, os Relevos Monoclinais do Litoral decorrem da disposição monoclinial das camadas.

Integrados na Orla Algarvia, podem ser identificados cinco sub-domínios ao longo da costa:

- Falésia entre Burgau e Senhora da Luz, até cerca de 3 km a oeste de Luz, em que a paisagem está profundamente dissecada pela rede hidrográfica, com algumas características próprias de evolução cársica do substrato carbonatado, essencialmente jurássico e cretácico, tais como vales muito encaixados com vertentes escarpadas e limitadas superiormente por rebordos de rochas resistentes.

Na região da Praia da Luz, a sucessão de talvegues e interflúvios apertados dá lugar a superfície inclinada para sudoeste, talhada em rochas areníticas cretácicas, muito resistentes, e limitada de leste pela Ribeira da Luz. Esta área apresenta problemas associados à sua evolução, concretamente deslizamentos planares que vão ocorrendo sucessivamente ao longo da costa, com a consequente acumulação de blocos junto à zona de rebentamento das vagas.

Na escarpa entre Atalaia e o sector a oriente de Praia da Luz ocorrem duas costeiras sucessivas com orientação geral NE-SW, como resultado direto dos contrastes de resistência à erosão de níveis margosos e calcários de Cretácico inferior e da estrutura tabular, monoclinal, mergulhando suavemente para SE.

Em Porto de Mós, a estrutura monoclinal favorece a formação de uma costeira culminada por bancadas calcárias mais resistentes. Esta escarpa desce suavemente desde os 100 metros na zona da Atalaia, até cerca dos 50 m junto de Porto de Mós. São evidentes os fenómenos instabilizadores nesta escarpa, agravando-se contudo a sua mais rápida evolução dada a presença dos efeitos dinâmicos do mar na base da escarpa.

A arriba entre Porto de Mós – Ponta da Piedade – Lagos, talhada em formações calcárias do Miocénico, constitui uma linha de arribas extremamente rendilhadas e praticamente verticais de onde sobressaem níveis mais resistentes e compactos, em contraste com a maior parte das formações. Estas formações, devido à sua porosidade e diaclasamento, permitem o desenvolvimento de fenómenos de dissolução cársica originando o aparecimento de cavidades que se desenvolvem em profundidade. Os referidos fenómenos são particularmente visíveis junto à Ponta da Piedade, onde ocorrem verdadeiras grutas marinhas. Os topos dos calcários são atapetados por areias do plio-pleistocénico. Trata-se de um troço da costa constituído por arribas instáveis que colocam problemas à utilização das pequenas praias basais e à ocupação da parte superior da arriba.

A Meia Praia situa-se numa zona da costa protegida pela arriba da Ponta da Piedade, facto que favorece a deposição de partículas arenosas conduzindo à formação de extensa faixa com cerca de 250 m de largura e 5 km de comprimento. A escorrência difusa com arrastamento partícula a partícula conduz à progressiva erosão das formações arenosas do plio-pleistocénico.

Finalmente, as baixas aluvionares que constituem zonas planas de costas baixas, de acumulação arenosa, com declives inferiores a 2°, passando nas zonas de montante a declives entre 2° e 5°.

3.1.2. Caracterização climática

As regiões costeiras do Algarve estão sujeitas a uma acentuada moderação climática, pois são essencialmente influenciadas pela conjugação dos efeitos moderadores do Atlântico, e pelo abrigo proporcionado pelas serras, que constituem grande parte do limite setentrional da região, e lhe confere proteção à influência de ventos e de massas de ar húmidas provenientes dos quadrantes de norte (F. Marques, 1997).

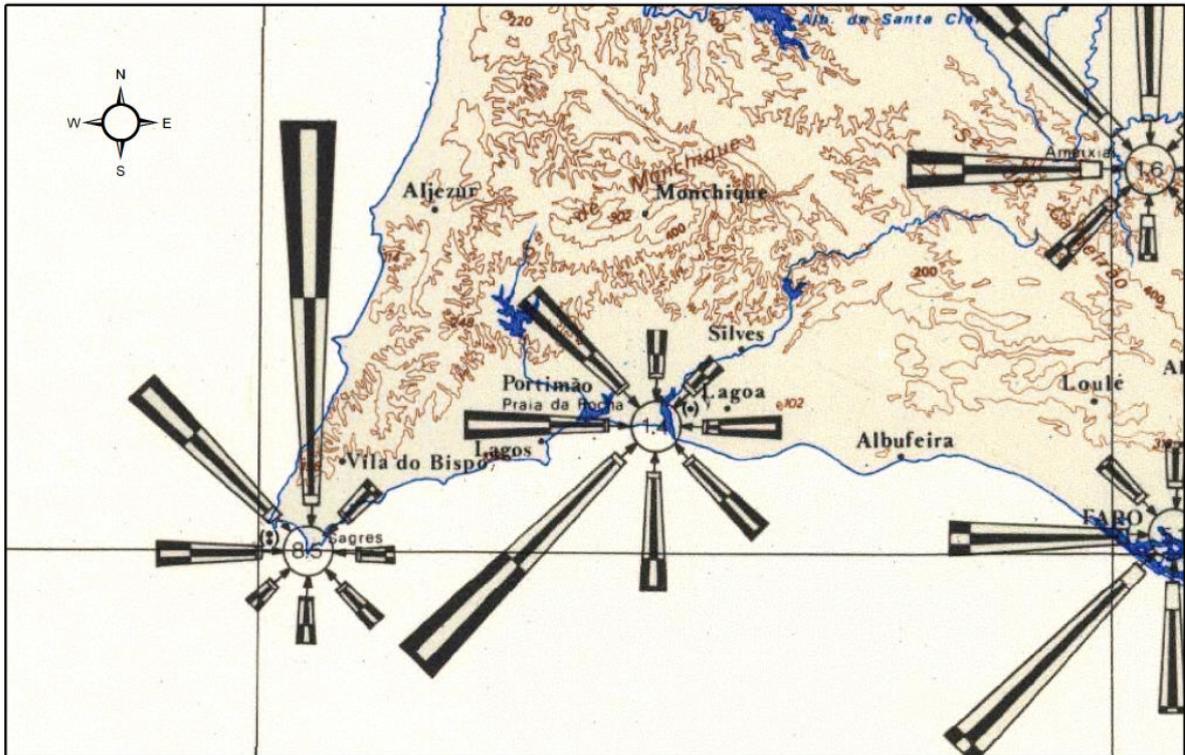
A costa algarvia pode ser subdividida em três áreas com características climáticas ligeiramente diferenciadas. A primeira, corresponde ao barlavento, que se prolonga desde do Cabo de São Vicente até Albufeira, troço no qual se inclui o concelho de Lagos, com um clima mediterrâneo com uma forte influência marítima. Para leste, de Albufeira até Tavira, as temperaturas tendem a ser mais elevadas e as precipitações mais reduzidas. Para Leste de Tavira, no sotavento, aumentam as amplitudes térmicas anuais e, em consequência, aumenta também o valor da razão evapotranspiração/precipitação.

A estação costeira de Lagos corresponde a um clima mediterrânico sub-húmido seco, com evapotranspiração entre 855mm e 997mm, um *superavit* moderado de água no inverno e uma eficácia térmica nula ou moderada no verão (Faria *et al.*, 1981)

O seu posicionamento litoral determina que pluviosidade anual no concelho de Lagos não exceda os 350 a 500 mm, sendo usual a ocorrência de cinco a seis meses secos.

A precipitação constitui um fator muito importante na erosão das áreas costeiras, na medida em que pode atuar como o elemento desencadeador de movimentos de vertente ou contribuir para uma significativa erosão sub-aérea, quer na face da arriba, quer nas vertentes de alguns dos valeiros que lhe quebram a continuidade.

No que diz respeito aos ventos, em traços gerais, o regime de ventos que afeta a faixa costeira de Portugal depende, em grande parte, da migração sazonal do núcleo anticiclónico dos Açores, com influência menor do núcleo de baixas pressões de Islândia.



Mapa.4. Rosas anemoscópicas, com a frequência do rumo e da velocidade do vento. Escala 1:500 000 (Atlas Digital do Ambiente)

O regime de brisas do litoral sul do Algarve é caracterizado por ventos muito fracos do quadrante norte, durante a noite e por vento fracos de sudoeste ou sul durante a manhã. Estes, ao longo da tarde rondam para sudoeste e aumentam de intensidade, soprando de oeste com intensidade moderada ao fim da tarde, separando os dois sistemas de brisas ocorrem períodos de calma no início da noite e da manhã

No verão temos a situação de Levante, caracterizada por ventos de leste ou sueste que pode persistir durante vários dias, apresentando porém variações de intensidade diárias características: a velocidade do vento diminui durante a tarde e aumenta durante a noite, atingido os valores mais elevados durante a manhã, frequentemente da ordem de 30km/h a 40km/h.

3.1.3. Caracterização do estado de agitação marítima

Abrigada das componentes da agitação marítima dominantes na costa ocidental, a costa sul do Algarve tem condições de agitação marítima muito suaves. A altura das ondas é inferior a 1m durante cerca de 62% do ano e o valor máximo anual da altura das ondas é em média de cerca de 4m.

As condições de maior agitação marítima características da costa sul algarvia, segundo o Instituto de Meteorologia, estão relacionadas com o mar de Sudoeste, que ocorre associado às situações meteorológicas que

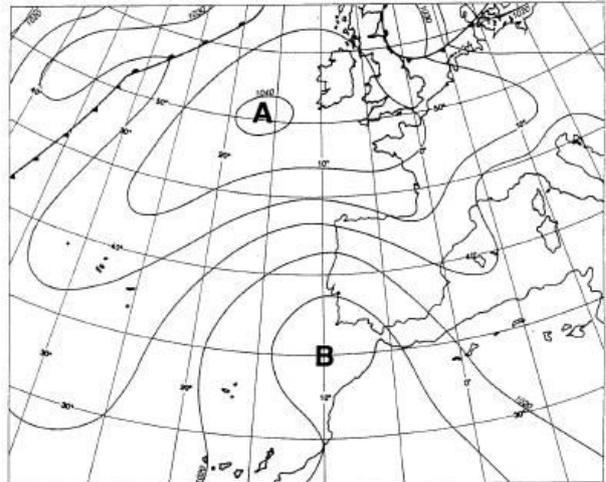
originam na costa ocidental mar de SW ou temporal de W. É nestas condições que ocorrem os maiores temporais da costa sul. É característica desta situação, agitação marítima com 2 a 3m de altura e 7 a 8s de período. Nestas condições, a zona da costa sul, do Cabo de Sagres até ao Cabo de Santa Maria, onde se encontra localizado Lagos, é mais afetada, diminuindo a altura das ondas para sotavento.

O mar de Levante, mar de SE, está associado à ocorrência de vento de E na região do Atlântico a SE do Algarve, em especial no Estreito de Gibraltar onde o vento desta direção é por vezes muito forte. O mar de Levante ocorre com ondas com mais de 1m de altura durante cerca de 10% do ano.

São característicos do mar de Levante estados de mar de espectro relativamente estreito, com direção bem definida e com cerca de 2m de altura e 6s de período (IPMA⁴).

A altura das ondas com mar de Levante raramente atinge 4m, mas são comuns as situações em que, com vento fraco ou moderado na costa sul, se levanta, em poucas horas, ondulação de SE com 2,5m ou mais de altura, proveniente do Estreito de Gibraltar.

O mar de Nortada está associado à ocorrência de vento do quadrante N por vezes fresco ou muito fresco, em especial para W de Lagos. Nestas condições, junto à costa o mar é de pequena vaga, cavando à medida que a distância à terra aumenta. São



Mapa.5. Condições de agitação marítima na Costa Sul – Mar de Levante (<http://www.ipma.pt/pt/>)

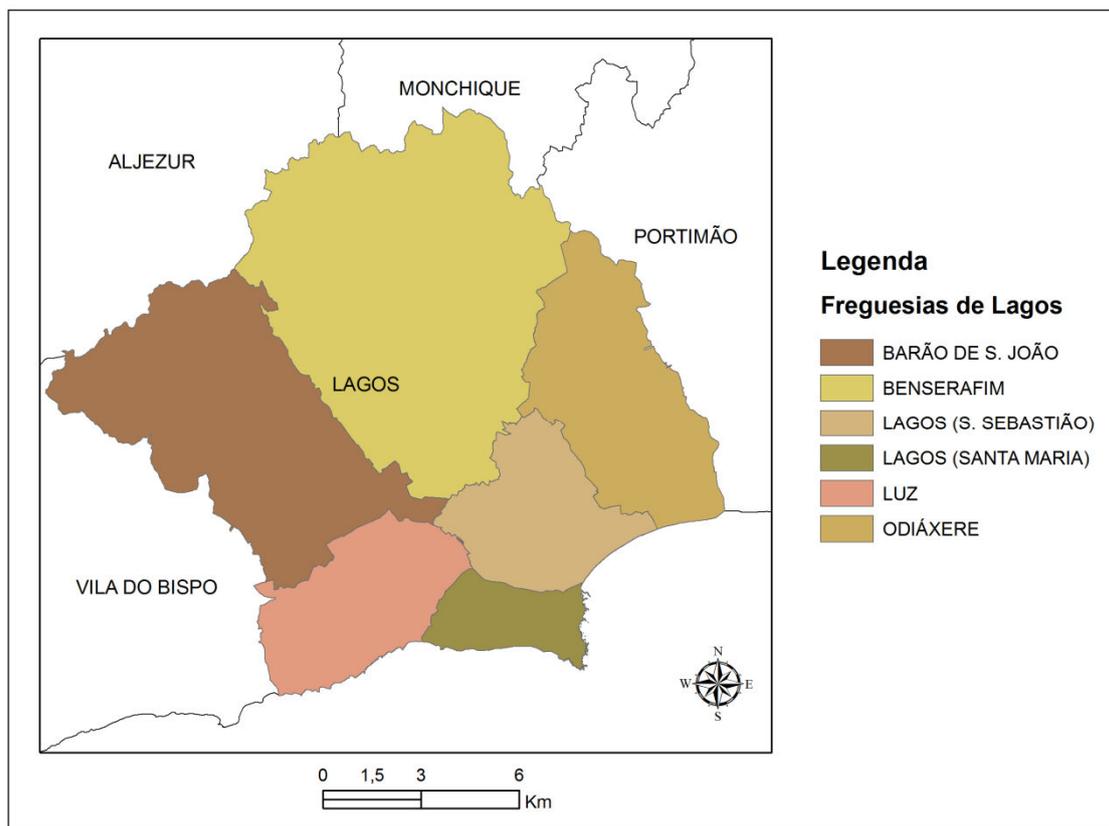
⁴Instituto Português do Mar e da Atmosfera

características deste estado do mar ondas com 0,5m de altura a 5 milhas da costa, 1 a 1,5m a 20 milhas e 1,5 a 2m a 50 milhas.

Mar de brisa é o estado do mar mais frequente na costa sul do Algarve, ocorrendo em cerca de 70% do ano. A ondulação é gerada pela brisa local, com marcada periodicidade diurna, em especial durante o Verão. Carateristicamente, de manhã começa a levantar-se o mar encrespado de SE, atingindo pouco mais de 0,5m, que vai rodando com o vento, tornando-se para o fim da tarde mar de pequena vaga de SW com cerca de 1m de altura, caindo até de madrugada para menos de 0,5m. Em geral mantém-se ao longo do dia uma ondulação residual de SW muito fraca.

3.2. Caracterização humana

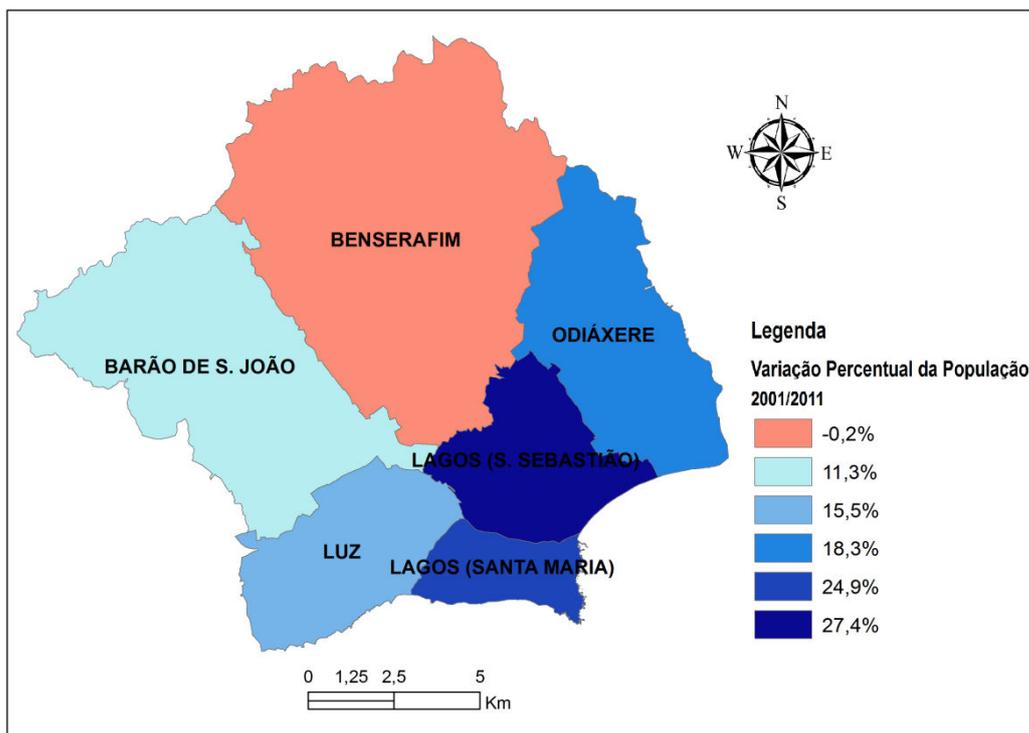
O município lacobrigense tem uma área de 213,92km² e divide-se em 6 freguesias, Barão de São João, Bensafrim, Luz, Odiáxere, Santa Maria e São Sebastião. O município é limitado a norte pelo município de Monchique, a leste pelo de Portimão, a oeste pelo de Vila do Bispo e a noroeste pelo de Aljezur.



Mapa.6. Enquadramento Administrativo do Concelho de Lagos
 (Dados: Atlas do Ambiente)

Apresenta as características típicas da maioria dos municípios algarvios, com um litoral urbanizado e o interior pouco povoado, com exceção de duas sedes de freguesia, Barão de São João e Bensafrim.

Os resultados preliminares dos censos 2011 estimam em 30755 o número de residentes no município de Lagos, o que se traduz num aumento de 21,09% relativamente ao total registado nos censos 2001 (25398). Destes, quase 14700 vivem no interior da cidade de Lagos, que cresce a um ritmo imparável. Lagos foi o terceiro concelho do Algarve em termos de crescimento de população.

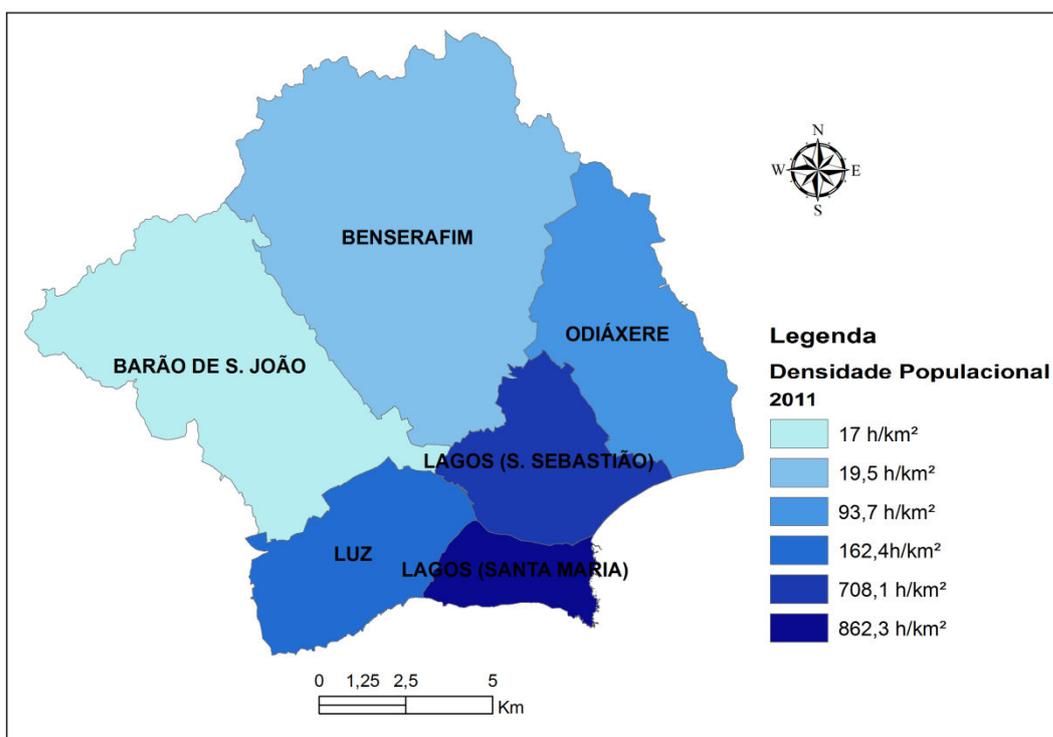


Mapa.7. Variação Percentual da população no Concelho de Lagos, por freguesia, entre 2001 e 2011 (Dados: censos 2001;2011)

As freguesias que mais cresceram, entre 2001-2011, foram as freguesias localizadas na orla costeira de Lagos, Santa Maria (que sofreu um aumento de 1606 residentes entre 2001 e 2011) e São Sebastião (que sofreu um aumento de 3018 residentes neste período).

Tendo em conta dados oficiais de 2011, a população residente no município era de 31049, para uma área de 213,9km², correspondendo a uma densidade populacional de 145,2 habitantes por Km². Como se pode verificar no Mapa 7, as freguesias com maior densidade populacional, segundo os censos de 2011, correspondem às que mais cresceram, localizando-se na Orla costeira (Santa Maria e São Sebastião).

Se compararmos com o número de população residente dos censos de 2001 (25398 pessoas) verificamos o crescimento da população em 5651 indivíduos. Este aumento decorre, sobretudo, do crescimento migratório, cuja média anual entre 2001 e 2010 se situa nos 1,75%. O crescimento natural positivo situou-se nos 0,31% e é superior às médias nacional e regional.



Mapa.8. Densidade populacional do Concelho de Lagos, por freguesia, em 2011.
(Dados: censos 2011)

A maioria da população residente no município encontra-se em idade ativa. No entanto, e constatando-se o índice de envelhecimento de 117,3%, verifica-se a tendência manifestada nas sociedades ocidentais de envelhecimento da população, devido ao aumento da esperança média de vida e à retração da natalidade.

Local de residência	Índice de envelhecimento por Local de residência (à data dos Censos 2011) e Sexo;		
	Total	H	M
Portugal	127,8	104,8	152
Norte	113,3	92,7	134,9
Centro	163,4	134,9	193,4
Lisboa	117,4	95,4	140,3
Alentejo	178,1	148,1	209,7
Algarve	131,1	114,7	148,1
Região Autónoma dos Açores	73,3	58	89,2
Região Autónoma da Madeira	90,7	63,2	119,5

Quadro.1. Índice de envelhecimento (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011) e Sexo; Decenal (Fonte: Censos 2011, INE)

Como podemos ver no quadro em 2011 o Algarve era uma das 3 regiões (em conjunto com o Centro e o Alentejo) que apresentava um índice de envelhecimento (131,1) superior ao do total do País (127,8). No entanto o concelho de Lagos apesar

de ter um valor alto (117,3) este é inferior ao total quer a nível nacional quer a nível da região do Algarve.

No que respeita ao emprego, em 2011 a população empregada situava-se nos 12650 habitantes, não havendo discrepância significativa entre géneros. A percentagem de população desempregada em 2001 correspondia a 2,7% (680 habitantes), mas este valor sofreu um aumento significativo e em 2011 a percentagem de população desempregada registada na região foi de 7,6% correspondente a 2364 habitantes.

As atividades económicas tradicionais como a agricultura, a pesca e a indústria conserveira assumem hoje pouco peso na economia local, tendo em conta que, com o turismo, em Lagos, a economia tradicional transformou-se numa economia de serviços.

No concelho, a área de atividade que concentra um maior número de empresas é aquela que está relacionada com o comércio por grosso, a retalho e representações de veículos e bens, seguida pela área ligada ao alojamento e restauração.

3.2.1. Ocupação Urbana

Tal como acontece em todo o Algarve, a população do município de Lagos localiza-se essencialmente na faixa litoral do concelho e no corredor ao longo da Estrada Nacional 125, sendo a cidade de Lagos o principal aglomerado urbano, com cerca de 14000 habitantes (2001).

Como se pode ver na figura 6, Lagos foi o quarto concelho do Algarve a registar uma maior variação percentual no número de alojamentos entre 2001 e 2011.

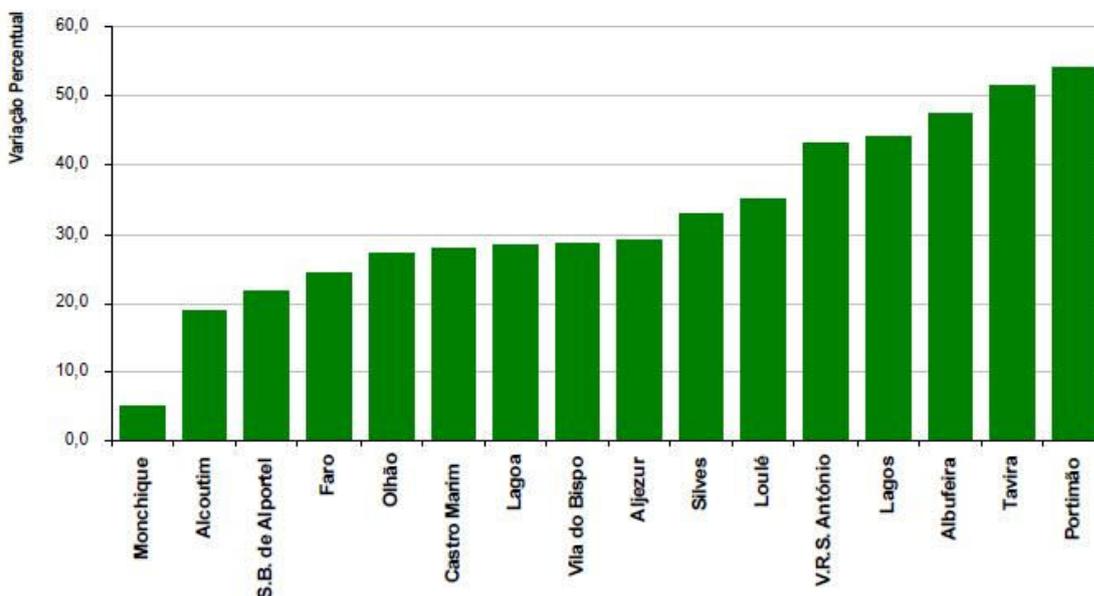
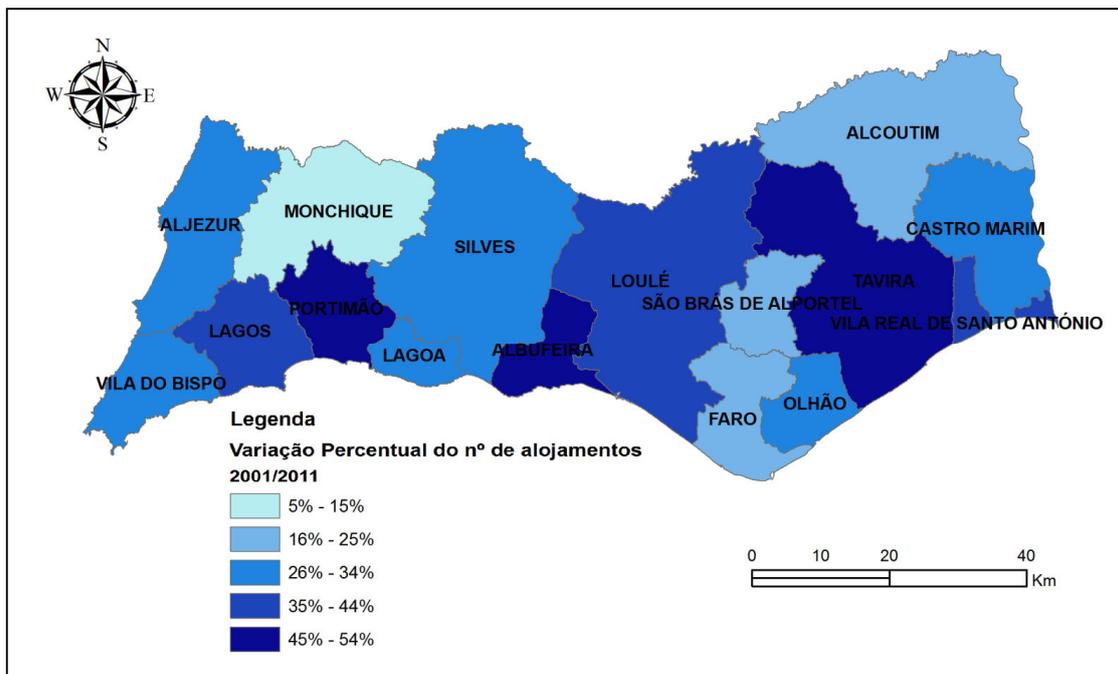


Fig.6. Variação Percentual do nº de alojamentos por município – Algarve (2001-2011)
 (Observatório das Dinâmicas Regionais - Algarve)



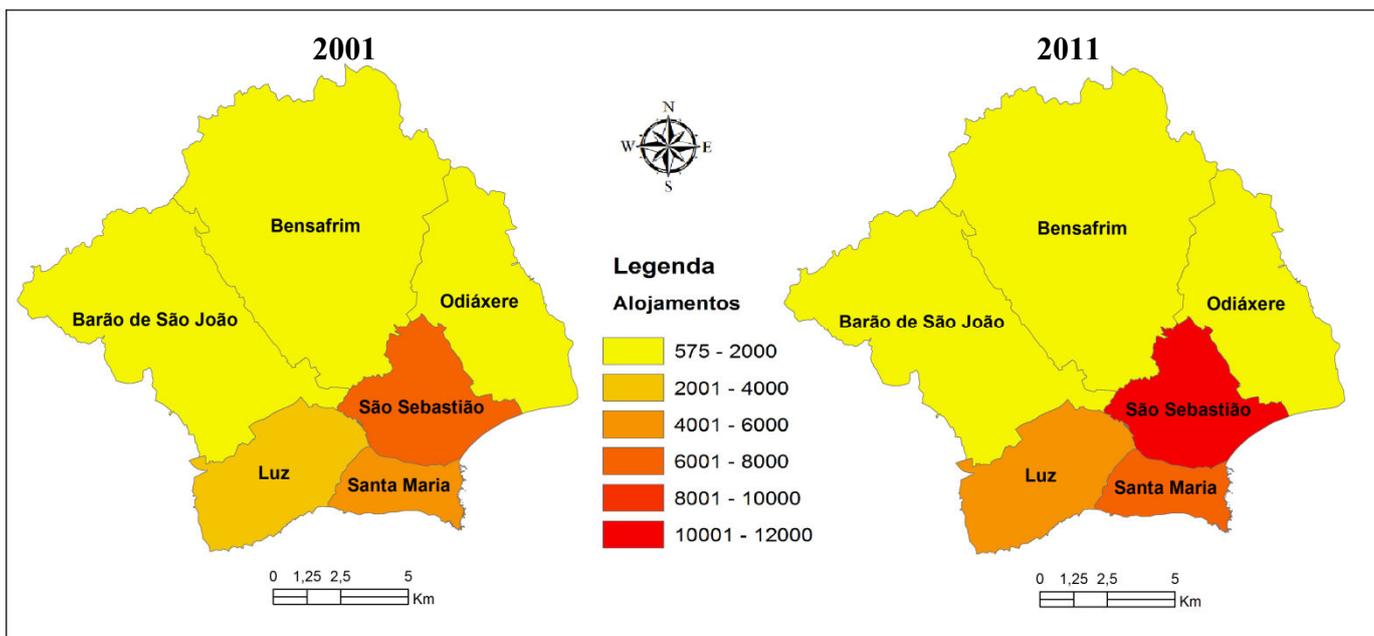
Mapa.9. Variação Percentual do nº de alojamentos por município – Algarve (2001-2011) (Dados:Censos 2001;2011)

Em 2001, o número total de alojamentos no concelho de Lagos era de 18891. Até 2011 este valor sofreu um aumento de 8307 alojamentos e segundo os censos de 2011 o número de alojamentos é de 27198.

A cidade de Lagos está no topo da hierarquia urbana do concelho, concentrando a maioria dos serviços, bem como os serviços mais especializados. É o único lugar no concelho com mais de 2000 habitantes. Como aglomerados de nível 2, encontram-se as vilas de Odiáxere, da Luz (ligada às atividades turísticas e de lazer), Bensafrim e Barão de São João (ambas ligadas às atividades do espaço rural). Mais abaixo na hierarquia urbana e como aglomerados de nível 3 surgem as localidades do Chinicato, Espiche, Almádena, Portelas, Sargaçal, Meia Praia e Burgau (Oriental).

A cidade de Lagos, de acordo com o PROT Algarve, faz parte do sistema urbano do Barlavento Algarvio, juntamente com Portimão, Lagoa e Silves, formando um sistema polinucleado capaz de equilibrar a região, face ao sistema urbano Loulé-Faro-S. B. Alportel, que concentra as instituições públicas e serviços terciários mais importantes do Algarve.

As freguesias com maior número de alojamentos são as que se encontram na orla costeira de Lagos: Luz (sofreu um aumento de 1847 alojamentos), Santa Maria (sofreu um aumento de alojamentos de 1662) e São Sebastião (sofreu um aumento de 4276 alojamentos), e foi nestas freguesias, que o número de alojamentos, entre 2001 e 2011, aumentou.



Mapa.10. Alojamentos registados no concelho de Lagos, por freguesia 2001-2011 (dados: censos 2001 e 2011)

O concelho de Lagos é conhecido como um destino turístico por excelência, especialmente por ter conseguido ao longo dos tempos preservar os seus património e paisagem naturais. Embora muito menos intervencionada que o resto da região algarvia, esta zona tem nos últimos anos feito um enorme investimento na atividade turística, o que resultou num aumento significativo das áreas urbanas.

O turismo assume-se como a atividade principal do concelho de Lagos, todavia fortemente vulnerável às oscilações da procura, face à sua dependência do binómio sol-praia e dos mercados do Norte da Europa.

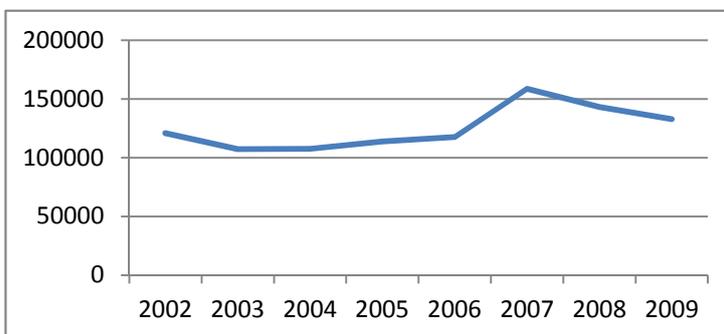


Fig.7. Hóspedes (N.º) nos estabelecimentos hoteleiros no concelho de Lagos (2002-2009); (fonte: INE)

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística, o concelho de Lagos de 2002 para 2003 registou uma diminuição de hóspedes, entre 2003 e 2006 um ligeiro aumento, em 2007 foi o ano em que o número de hóspedes no concelho aumentou mais e até 2009 houve uma ligeira diminuição, ano em que teve 132 853 hóspedes, que corresponde a 4,8% do total de toda a região algarvia. No intervalo de tempo 2002-2009 o número de hóspedes teve um aumento de 9%.

No ano de 2009, a capacidade de alojamento nos estabelecimentos hoteleiros⁵ no concelho de Lagos era de 5294 indivíduos, correspondendo a 5,5% da capacidade de alojamento do Algarve. Comparativamente aos restantes concelhos do Algarve, Lagos encontra-se em 6º lugar.

Como podemos verificar na fig.15, apesar de ligeiras oscilações, tem existido um aumento gradativo da capacidade de alojamento nos estabelecimentos hoteleiros no concelho de Lagos.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Portugal	239 903	245 778	253 927	263 814	264 037	264 747	273 975	273 804
Algarve	94089	95 501	96 487	99 982	97 524	96 180	98 724	95 910
Lagos	4 746	4 315	4 551	5 390	4 276	5 994	5 803	5 294

Quadro.2. Capacidade de alojamentos (Nº) nos estabelecimentos hoteleiros
(fonte: INE)

Existe uma grande dependência do município de Lagos em relação aos mercados estrangeiros emissores de turistas nos últimos anos. Em 2009, cerca de 72% dos hóspedes em estabelecimentos hoteleiros tinham proveniência do estrangeiro, enquanto que a média da região algarvia se fixava nos 62,7%.

⁵ Como estabelecimentos hoteleiros considera-se hotéis, pensões, hotéis-apartamentos, apartamentos turísticos, aldeamentos turísticos, motéis, pousadas e estalagens.

Capítulo 4. Enquadramento Teórico

Definição de litoral, costa e zona costeira

Zona Costeira Portuguesa

Litorais rochosos: Arribas

Erosão Costeira de Litorais Rochosos

Processos e mecanismos de evolução das arribas

4.1. Definição de litoral, costa e zona costeira

Existem várias noções para a definição do litoral, consoante os pontos de vista e até os autores. O termo litoral é utilizado todos os dias na linguagem corrente, sem haver uma grande preocupação com o seu uso devido e, muito menos, de o definir com precisão. A palavra é utilizada como contraponto à palavra interior e referida, muitas vezes, a propósito do processo de litoralização da economia e da demografia. Tratando-se de uma palavra de uso corrente, a sua utilização em contexto diversos acaba por lhe conceder uma grande amplitude de significados.

O litoral é constituído pelas áreas emersas e submersas em que ocorrem trocas transversais entre as diferentes esferas que aqui se entrecruzam. É o espaço direta ou indiretamente comandado pela dinâmica do mar, uma faixa em permanente mudança de posição, dependendo da escala temporal em análise. É a porção de território, de dimensões variáveis, que migra constantemente e de forma desigual, consoante a escala temporal analisada e também o tipo de litoral, onde o mar exerce ou exerceu a sua ação desde que o homem surgiu. (Perreira-Ramos 2001.)

No dicionário da Porto Editora, costa é definida como parte das terras emersas em contacto com o mar.

Sendo assim, costa é um conceito mais restrito do que o de litoral. Quando atentamos na definição “faixa de terreno junto à costa”, apercebemo-nos de que não há qualquer precisão relativamente ao significado da palavra “junto”.

Assim, a faixa de terreno junto à costa poderá ter extensões muito variadas.

Em 1984, M. Eugénia MOREIRA⁶, apresenta uma definição que dá conta desse problema:

Litoral: designação dada à faixa do continente que está em contacto com o mar, ou a fenómenos característicos dessa área. Alguns autores restringem o litoral à faixa entre marés, outros estendem-no para o interior, por um espaço cujos limites nem sempre são fáceis de definir, e para o largo, pela linha de rebentação das ondas

Segundo a mesma autora, “costa” seria: A faixa da superfície terrestre que se encontra no contacto entre as terras emersas e o mar ou o oceano. Alguns autores restringem essa faixa apenas ao espaço atingido pelas águas entre os níveis extremos da maré, outros estendem-na 3 milhas para o interior

A Zona Costeira, de acordo com Carter (1988), consiste no espaço em que os ambientes terrestres influenciam os ambientes marinhos (ou lacustres) e vice-versa. A

⁶ É autora do “*Glossário de termos usados em Geomorfologia Litoral*” em 1984

zona costeira tem uma largura variável e pode variar com o tempo. A respetiva delimitação rigorosa não é possível, uma vez que os limites são marcados por gradientes ambientais ou transições. Em cada local, a zona costeira pode ser caracterizada por critérios físicos, biológicos ou culturais. Estes não precisam de ser coincidentes e, na verdade, raramente o são.

De todas estas definições parece sobressair a dificuldade de estabelecer limites rigorosos, pelo carácter gradativo que as transições geralmente apresentam.

Por outro lado, parece poder concluir-se que litoral é um conceito mais amplo que costa ou zona costeira, estendendo-se para o interior por um espaço cujos limites nem sempre são fáceis de definir.

Existe, assim, uma ambiguidade na definição do conceito de litoral, podendo entender-se como a “área de penetração para o interior das influências marítimas”; a linha de costa; a orla costeira; “o limite entre as terras e os mares que se configura como um espaço essencialmente linear, cenário privilegiado de singulares fenómenos naturais (físicos, geológicos, biológicos e ecológicos) com importantes e diversificadas atividades humanas (comunicação, comércio, pesca e recreio, entre outras)” (MOPU, 1983); a “área compreendida entre limites mínimo e máximo de influências das marés (Hayden, 1984);

Em termos administrativos e legais também existe uma ambiguidade na sua definição: o conjunto dos concelhos que fazem fronteira com o mar, com orla costeira (Livro Branco do Ambientes); as NUT’s III com orla costeira; a “faixa costeira” ou “banda ao longo da costa marítima cuja largura é limitada pela linha máxima de preia-mar de águas vivas equinociais e pela linha situada a 2 km daquela para o interior (DL 302/90); o Domínio Público Marítimo; a “orla costeira abrangendo o domínio Público Marítimo com uma faixa de Protecção Terrestre até à largura máxima de 500m (DL. 309/93) ou incluindo ainda “a faixa de Protecção Marítimo que tem

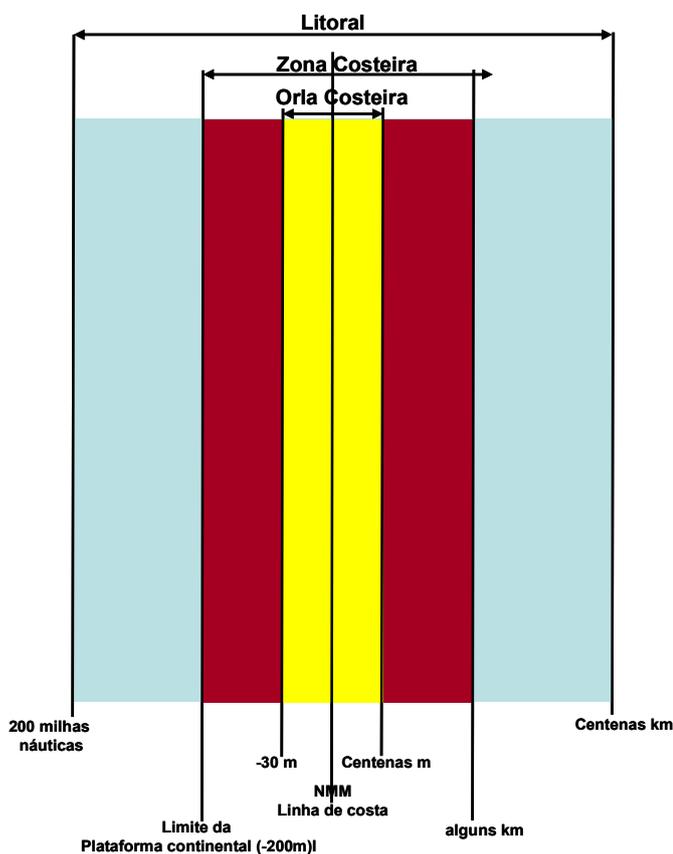


Fig.8. Limites propostos nas “Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira”

como limite máximo a batimétrica dos -30". (DL. 309/93, art. 3.º).

A ambiguidade do conceito obrigou à sua definição operativa, sempre que se pretende analisar, ou aplicar algum instrumento de ordenamento ou intervir nessas áreas. É frequente identificar-se o litoral com os concelhos (ou com as NUT's III) que têm orla costeira, mas são grandes as contradições que resultam desse facto, como a diferente espessura da malha urbana entre o norte e o sul o que pode atrapalhar, enviesando a representação de muitas variáveis.

Tendo em consideração a utilização, de modo indiferenciado, das designações de "litoral, costa, faixa costeira, faixa litoral, orla costeira, zona costeira, zona litoral, área/região costeira", sem existência de um consenso quanto aos limites físicos dos seus sistemas naturais, dos sistemas socioeconómicos e do sistema legal, para a elaboração deste trabalho vai-se ter em conta os conceitos definidos pelo Grupo de Trabalho que elaborou as "Bases para a Estratégia da Gestão Integrada das Zonas Costeiras"⁷:

Litoral – termo geral que descreve porções do território que são influenciadas direta e indiretamente pela proximidade do mar;

Zona costeira – porção de território influenciada direta e indiretamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter para o lado de terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental;

Orla costeira – porção do território onde o mar exerce diretamente a sua ação, coadjuvado pela ação eólica, e que tipicamente se estende para o lado de terra por centenas de metros e se estende, do lado do mar, até à batimétrica dos 30 m (englobando a profundidade de fecho);

Linha de costa – fronteira entre a terra e o mar; materializada pela interceção do nível médio do mar com a zona terrestre.

⁷ Em 2006 foi publicado o documento "Bases de uma Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional", com o objetivo de apresentar as bases da futura Estratégia Nacional para a Gestão Integrada das Zonas Costeiras, este documento apresenta uma proposta de delimitação das áreas costeiras, que a maior parte dos documentos legislativos tem seguido.

4.1.1. Zona Costeira Portuguesa

A zona costeira mundial totaliza cerca de 500.000 km e é habitada por cerca de 80% da população mundial (Borges *et al.*, 2009). Estão concentrados na zona costeira a maioria dos centros de decisão política, económica e técnica, bem como grande parte das indústrias e atividades económicas de muitos países (Borges *et al.*, 2009).

A zona costeira portuguesa é certamente das zonas mais importantes e mais dinâmicas do território nacional, em termos físicos, englobando inúmeros habitats e uma relevante diversidade biológica e em termos humanos, muitas atividades económicas importantes à escala nacional e local desenvolvem-se na Zona Costeira.

De Norte a Sul, esta zona está sujeita a fortes e complexas interferências naturais, que, em alguns casos, são intensificadas por causas antrópicas.

A zona costeira Portuguesa encontra-se exposta à agitação marítima atlântica, especialmente agreste nas vertentes a norte dos territórios das RA e no continente. A costa algarvia está abrigada dos principais temporais marítimos de oeste e de noroeste, registando, contudo, situações de agitação marítima de sueste (o Levante) que não devem ser menosprezadas.

A costa portuguesa tem uma extensão aproximada de 1853 km, distribuída por uma área continental de 950 km, acrescida de 691 km do Arquipélago dos Açores e 212 km do arquipélago da Madeira.

O suporte biofísico da Zona Costeira portuguesa tem especificidades próprias de que são exemplos os estuários, os sistemas lagunares, as dunas, as arribas, as praias, o meio hídrico marinho e os sistemas insulares.

Existem ocupações, usos e atividades económicas muito importantes à escala nacional e local que se desenvolvem na Zona Costeira e que beneficiam dessas especificidades biofísicas. Destacam-se as infraestruturas portuárias e os transportes marítimos, o turismo e as atividades balneares e de lazer, a náutica de recreio, as pescas, a aquacultura e a salicultura, bem como a utilização de recursos minerais e energéticos.

A distribuição da população pelo território nacional não é homogénea e cerca de 70% da população vive na zona costeira (Alves, 2006), onde se localizam os principais centros de decisão política, polos comerciais e industriais, bem como as oportunidades de emprego. A sua importância fica documentada através da contribuição estimada em 85% para o Produto Interno Bruto (PIB) (Santos & Miranda, 2006).

A ausência de uma gestão adequada das zonas costeiras facilita a contínua artificialização do território costeiro, permitindo um aumento de pessoas e bens

localizados em zonas que deveriam estar livres para a dinâmica natural do sistema costeiro. A ocupação humana inadequada tem aumentando as pressões sobre estas zonas, sobretudo a partir da década de 1970, levantando sérios problemas de ordenamento do território.

A zona costeira de Portugal Continental está sujeita a uma série de riscos naturais que resultam de vários tipos de perigosidades, nomeadamente de erosão costeira, inundação de margens, galgamento do sistema dunar, movimentos em massa, tsunamis e degradação ambiental, perda de habitats e espécies e impactes assinaláveis na qualidade das águas (PROCIV 15, 2010).

Nas faixas de baixa altitude e sem proteções naturais rochosas da Zona Costeira continental do território português existe uma situação generalizada de recuo da “linha de costa”, causada pelo avanço do mar, verificando-se o agravamento dos fenómenos de erosão e a sua expansão para troços outrora não afetados (migração de praias para o interior, enfraquecimentos dos volumes acumulados nas praias e dunas).

Este agravamento deve-se principalmente à elevação do nível do mar, diminuição da quantidade de sedimentos fornecimentos ao litoral, degradação antropogénica das estruturas naturais e obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente as que são implantadas para defender o litoral que acabam por resolver o problema localmente mas aceleraram o fenómeno em locais próximos (obras longitudinais aderentes, esporões, quebra-mares destacados e revestimentos).

A elevação do nível médio global do mar relaciona-se com a variabilidade climatológica natural da Terra e com as perturbações induzidas pelas atividades humanas. Os estudos elaborados sobre este assunto permitem concluir que grande parte da elevação do nível do mar verificada em Portugal no decurso do último meio século é, muito provavelmente, devida à expansão térmica do oceano, isto é, causada pelo aumento de volume da água do Atlântico Norte induzido pelo aumento da temperatura atmosférica (J.M.Alveirinho Dias 1993).

A diminuição do fornecimentos de sedimentos litorais está, na maior parte, direta ou indiretamente relacionada com as atividades antrópicas. A diminuição do fornecimento sedimentar ao litoral tem atingido amplitudes exponencialmente crescente ao longo deste século.

São muitas as atividades humanas que contribuem para esta diminuição no abastecimento de sedimentos ao litoral: florestações, os aproveitamentos hidroelétricos, as obras de regularização dos cursos de água, as explorações de inertes nos rios, nas zonas estuarinas, nos campos dunares e nas praias, as dragagens, as obras portuárias e muitas obras de engenharia costeira.

Os riscos para as populações e atividades humanas na Zona Costeira portuguesa estão também associados a desabamentos e deslizamentos de terras nas arribas.

Nas arribas calcárias, como as da área da Nazaré, de Peniche ou de Cascais, podem-se observar vestígios de importantes movimentos nas vertentes, devidos às características litológicas, morfológicas e climáticas destas áreas. Frequentemente se veem taludes de escombrelas ou apenas grandes blocos caídos, devido a perda da base de apoio. Estas situações não ocorrem só na costa ocidental portuguesa. Na costa meridional também se encontram casos graves de erosão costeira em costas rochosas, como podemos observar na Praia do Carvoeiro (Lagoa) onde se verificou um desabamento de grande parte da arriba oriental no Inverno de 1989/90, ou no caso da Praia Maria Luísa um dos casos mais mediáticos, onde no dia 21 de Agosto de 2009 ocorreu um desabamento na Praia Maria Luísa, que teve como principais consequências a morte de cinco pessoas e o ferimento de mais três. Tanto na costa ocidental como na meridional existem arribas em risco de desabamento.

4.2. Litorais rochosos: Arribas

Segundo Sunamura (1992), costa rochosa é uma costa em arriba, composta por material consolidado, independente da sua resistência.

Uma arriba pode ser definida, segundo a classificação costeira do projeto Coastline 2000, como uma costa alta e escarpada descendo sobre a praia. As arribas podem apresentar vertentes rochosas, com ou sem vegetação e solos. Na sua base pode existir uma praia ou uma plataforma rochosa, onde pode haver vestígios ou sinais de Movimentos em massa (deslizamentos; desabamentos, fluxos de terras).

As arribas são consideradas formas de relevo costeiro de primeira importância, visto ocorrerem em aproximadamente 80% da linha de costa mundial (Emery and Kuhn, 1982).

Na sua génese, as arribas são exclusivamente formas litorais, portanto talhadas por agentes litorais, sobretudo pela ação do mar que lhes confere essa exclusividade. No entanto, há muitos autores, como por exemplo Snead (1982), que usam o termo para identificar grandes escarpas, ainda que de origem continental, surgindo então o termo "arriba litoral" para diferenciar os dois tipos.

As arribas litorais são formas de génese marinha, erosiva, que correspondem a degraus rochosos e escarpados, sobranceiros ao mar, em geral desprovidos de vegetação e de comando variável, que podem ou não evoluir por processos marinhos. Em geral, apresentam um declive que pode variar entre 15-20° a 90°.

As características morfológicas dos sistemas de arriba resultam fundamentalmente do resultado do balanço energético entre a eficácia dos processos subaéreos, marinhos e litorais, variando o seu perfil e os processos morfogenéticos responsáveis pela sua evolução, consoante a combinação de vários fatores: a constituição litológica, que condiciona a sua dureza e resistência à erosão, a constituição estrutural, o grau de diaclasamento e tectonização, a posição relativamente ao mar e às ortogonais da ondulação, a amplitude da maré, a existência e características de microformas e microorganismos, bem como as características físico-químicas da água do mar, no caso das arribas em rocha carbonatada (A. SILVA, 2005).

As arribas apresentam, em regra, os seguintes componentes morfológicos: base da arriba, ponto de encontro da arriba com o nível de base, onde, por vezes, se acumula areia de praia; crista da arriba, ponto de charneira, de alteração brusca no declive do terreno; topo da arriba, superfície aplanada, com continuidade para o interior; face da arriba, superfície inclinada da arriba, exposta ou não ao mar.

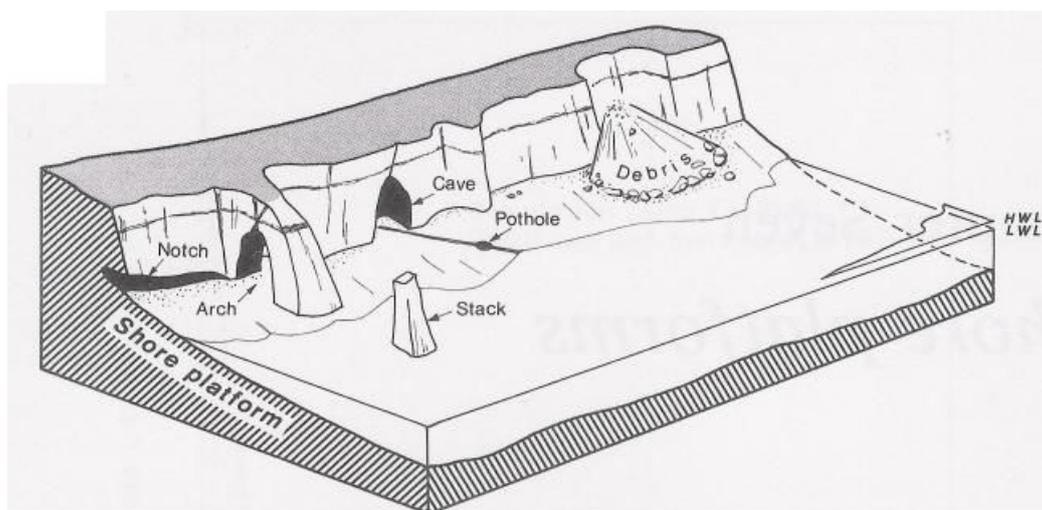


Fig.9. Esboço de uma arriba e algumas das suas formas.
(Sunamura, Tsuguo, *Geomorphology of rocky coasts*, 1992)

As arribas podem ser classificadas segundo a sua evolução: a **arriba viva** quando o mar está a trabalhar a arriba, que evolui por ação direta do mar; **arriba estabilizada**, em que a base da arriba não é alcançada pelo mar, porque está protegida por sedimentos das mais variadas dimensões, que tanto podem ter sido depositados pelo mar, como tendo caído da própria arriba, devido a ação do mar sobre esta; **arriba morta**, quando o mar está de tal forma afastado que já não atinge a arriba, nem é previsível que a venha atingir, devido a grande quantidade de sedimentos depositados que a protegem do mar, ou então por regressão marinha. Este tipo de arriba é desgastado apenas por processos subaéreos, dando origem a vertentes relativamente

suaves e muitas vezes cobertas de vegetação; a **arriba fóssil**, que já não é afetada pelo mar, difere da arriba morta porque está coberta por materiais de um período de tempo morfogenético diferente, protegendo a arriba dos agentes morfogenéticos (podem acontecer arriba fóssil e arriba viva em simultâneo); **arriba exumada** acontece quando o mar desmantela os sedimentos que estavam a proteger a arriba fóssil ou quando esta é exposta pela erosão das águas correntes (para que tal se prove tem que haver testemunhos, como por exemplo depósitos de praia).



Fig. 10. Tipos de Arribas: a) Arriba Viva, Cabo Espichel (aturmadapequenada.blogspot.pt); b) Arriba Estabilizada, Praia de São Lourenço, Ericeira (www.timetogo.com); c) Arriba Morta, Praia da Rocha (S. Bernardino, 2012); d) Arriba Fóssil, Arriba Fóssil da Caparica (andessemeparar.blogspot.pt)

Segundo A. Silva, os sistemas elementares de arriba, são por natureza erosivos e a sua situação atual permite verificar se as condições que os originaram se mantêm direcionadas para o mesmo propósito (erosão) ou se, pelo contrário, o sistema foi alterado ou atingiu um estado de maturidade que aponte para um equilíbrio no balanço sedimentar. No primeiro caso, uma plataforma rochosa com alguns recifes e blocos soltos, adjacente a uma arriba, indica, à partida, que o processo erosivo se mantêm em desenvolvimento. Por outro lado, a existência de praias consistentes junto à base das arribas, pode indiciar o fim do recuo das arribas por processos marinhos e o início

da sua fossilização caso haja a formação de um sistema dunar na antepraia ou simplesmente da sua estabilização, passando a evoluir por processos continentais.

Ao longo do litoral português podem-se encontrar arribas pertencentes a formações de diferentes litologias e de variadas idades, desde o Paleozóico na costa Alentejana (complexo Xisto-Grauváquico da Costa Vicentina) ao Holocénico. Muitas dessas arribas têm vindo a ser modeladas desde o Pleistocénico, algumas em resultado de antigos níveis do mar que deram origem a relevos costeiros que hoje em dia são património natural (ex: Arriba Fóssil da Costa de Caparica), outras ainda hoje a serem talhadas pelo mar e por processos subaéreos, em constante evolução.

4.2.1. Erosão Costeira de Litorais Rochosos

A erosão costeira afeta quase 75% dos litorais do globo e constitui um problema relevante para o ordenamento do território costeiro e para a gestão do risco inerente ao seu uso e ocupação.

Nas últimas décadas, a erosão costeira tem-se generalizado a nível mundial e, também, no litoral português, com tendência para se agravar junto das concentrações populacionais que têm exigido melhores e mais soluções no sentido de reduzir as consequências e fomentar a mitigação de problemas futuros em vários sectores da economia. Para além das questões ligadas às alterações climáticas globais, são vários os fatores regionais e locais que têm contribuído para a erosão e consequente recuo da linha de costa: as ações antrópicas, em especial as que interferem e contribuem para a degradação do abastecimento sedimentar, a destruição das estruturas defensivas naturais através de intervenções pesadas de defesa costeira para a proteção de pessoas e bens e as alterações climáticas (Dias *et al.*, 2000).

A erosão costeira divide-se entre a destruição de praias e sistemas dunares e define-se como a diminuição do volume de areia na praia e dunas adjacentes, com progressão para o interior e para sotamar de uma berma erosiva e o recuo e instabilidade de arribas, que consiste no movimento de descida de uma massa de rocha ou solo coerente numa arriba litoral. O centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior da arriba.

A erosão das praias e de arribas em determinadas zonas constitui apenas um processo natural perigoso. Contudo, noutros troços da costa, em consequência da ocupação e da pressão antrópica (estradas, infraestruturas e equipamentos turísticos, habitações), ou seja da exposição de pessoas e bens e da vulnerabilidade das populações, a erosão costeira constitui um risco importante.

Em orlas costeiras apoiadas em suportes rochosos, que constituem parte significativa do litoral mundial, a erosão é um processo muito complexo, cujas manifestações mais evidentes e com maior impacte nas atividades humanas, são as instabilizações em massa das arribas.

As causas dos movimentos em massa nas vertentes podem ser agrupadas em causas externas, que produzem aumento das solicitações sobre os maciços, mantendo-se constante a resistência dos mesmos, ou causas internas, que motivam redução da resistência dos maciços. As causas externas incluem: modificações da topografia; descarga, erosão especialmente no sopé, incisão de linhas de água, desaterros; sobrecargas, obras ou aterros na zona superior dos taludes, aumento da altura; vibrações e impactos, sismos, impactos das ondas; emersão rápida, descida rápida do nível das águas em taludes total ou parcialmente submersos; modificações no regime de circulação da água, precipitações intensas, aumento do peso, aumento da tensão neutra, redução de tensões efetivas por subida do nível freático.

As causas internas incluem: rotura progressiva, na sequência de abertura de fissuração; alteração, meteorização, alternância gelo-degelo, alteração e criação de rupturas pelo crescimento de cristais de sal, rotura de ligações mineralógicas; erosão por escoamento subterrâneo, dissolução, erosão interna.

São múltiplos os fatores indutores de erosão costeira, como é referido no parágrafo anterior, embora alguns desses fatores sejam naturais, a maior parte é consequência direta ou indireta de atividades antrópicas.

A erosão costeira resulta de impactes cumulativos gerados por fatores naturais e antrópicos, dos quais nenhum pode ser considerado como causa singular de erosão. Isto é verdade tanto para projetos de desenvolvimento industrial e turísticos (marinas, requalificação de frentes marítimas), como para urbanizações, dragagens e para as próprias obras de defesa costeira (EUROSION⁸, 2006).

Este conjunto de fatores opera ao longo do tempo, reduzindo progressivamente as condições de estabilidade das arribas, até que estas atingem inexoravelmente condições para entrar em rotura, desencadeada por ação de solicitações externas - os chamados fatores desencadeantes - que não precisam necessariamente de ter grande magnitude. De entre estes fatores, referem-se chuvas intensas e/ou prolongadas, temporais no mar, sismos ou outras vibrações, rotura de canalizações e outras sobrecargas decorrentes de atividade humana, bem como outros fenómenos

⁸ EUROSION - Dando eco às ameaças ao litoral, o Parlamento Europeu e a Comissão Europeia sentiram a necessidade de levar a cabo um estudo, a nível Europeu, com o objetivo de fornecer evidências quantitativas de que a erosão costeira constitui um problema de magnitude crescente, para o qual as autoridades públicas nem sempre têm sido capazes de dar resposta adequada, sendo por isso necessário avaliar as ações prioritárias.

que, em termos práticos se tornam impossíveis de controlar e prever, como a redução da coesão aparente do maciço por secagem, que concorre para a redução da respetiva resistência mecânica.

A erosão costeira em contexto de arriba configura risco para pessoas ou bens que ocupem ou utilizem a fachada mais externa do maciço cortado pelo talude em evolução e a faixa que lhe margina o sopé.

4.2.2. Processos e mecanismos de evolução das arribas

A evolução das arribas processa-se essencialmente através de movimentos em massa de diferentes tipos (deslizamentos, quedas de blocos e terras, bem como fluxos), que induzem riscos geomorfológicos consideráveis para a ocupação humana da faixa adjacente ao bordo superior, da face exposta ou ainda das vizinhanças do sopé. Este aspeto tornou-se particularmente importante nas últimas décadas, devido à crescente ocupação humana das faixas costeiras, intimamente ligada ao desenvolvimento do turismo.

Dois dos principais fatores a considerar na evolução das costas rochosas são a energia das ondas e o tipo de rocha. Porém, a energia erosiva da ondulação depende também da quantidade de sedimentos que se sobrepõem ao substrato rochoso. Essa quantidade depende do balanço sedimentar de cada troço costeiro que depende, por sua vez, do fornecimento de sedimentos de e para a plataforma continental, da deriva litoral, dos sedimentos trazidos pelos rios, dos materiais resultantes da erosão das arribas.

Os sedimentos existentes sobre o substrato rochoso, por um lado contribuem para o seu desgaste, funcionando como abrasivos, mas, por outro, podem protegê-lo da ação das ondas. Porém, quando a cobertura sedimentar é suficientemente espessa para impedir que a ação das ondas atue diretamente sobre a *bedrock*, estamos já na presença de uma praia.

Quando as ondas escavam a base da arriba, esta torna-se instável devido ao aumento de declive e à instabilidade provocada pelo sub-escavamento basal. Essa instabilidade induz movimentos de massa de diversos tipos.

A altura e tipo de ondas que atuam na base das arribas dependem das características das ondas ao largo, da batimetria dos fundos próximos, da topografia das praias adjacentes ao sopé e do nível das águas, podendo ainda ser influenciadas por condições meteorológicas particulares na zona costeira, tal como a ocorrência de ventos fortes.

Quando atingem as arribas, as ondas exercem ações hidráulicas e, quando existem sedimentos móveis que possam funcionar como carga abrasiva, ações mecânicas (abrasão). As ações hidráulicas, diretas ou indiretas, compreendem esforços de compressão, tração e corte.

Os esforços compressivos decorrem diretamente do impacto das ondas na face da arriba. No caso particular de ondas em rebentação, a compressão é extremamente rápida e de muito curta duração, ocasionando aumentos igualmente rápidos das tensões dos fluidos intersticiais do maciço, por deformação do seu “esqueleto” sólido. Em zonas saturadas do maciço, o fluxo forçado da água intersticial pode levar ao alargamento de descontinuidades pelo efeito de cunha, conduzindo ao deslocamento de blocos em posição relativamente instável. Em zonas não saturadas, as tensões produzidas pelo impacto das ondas produzem expansão explosiva do ar intersticial, que pode ocasionar o arranque de blocos (“quarrying” ou “plucking”⁹).

O destacamento (quarrying) acontece quando o mar funciona como agente de transporte, e leva ao arranque de material solto da rocha, previamente preparado por outro agente ou processo.

Imediatamente após o impacto, a água correspondente à parte superior da onda é projetada para cima a grande velocidade, produzindo forças de corte na face da arriba. Não existem, porém, estudos indicativos sobre os efeitos produzindo forças de corte na face da arriba, em termos de evolução de arribas ou da formação de estruturas erosivas características.

Para além das ações hidráulicas, as ondas quando transportam cargas clásticas mobilizadas pelo fluxo turbulento da rebentação, constituem o agente principal de desgaste do sopé das arribas e das plataformas de abrasão adjacentes. Este processo é designado de abrasão. Trata-se de um processo muito pouco conhecido sob ponto de vista quantitativo, em virtude dos sérios problemas associados à modelação física da hidrodinâmica da rebentação e dos fluxos turbulentos associados, e da difícil separação entre os efeitos erosivos deste processo relativamente a outros também ativos na mesmas zonas, como a meteorização, dissolução química, desgaste biológico e desintegração granular superficial.

A abrasão é definida como o desgaste de uma determinada superfície em plena arriba por parte da água do mar e tem o efeito de lixa que é produzido pelos materiais sólidos atirados contra a arriba. Quanto maior for a energia do mar, maiores serão os materiais transportados e maior é o desgaste.

⁹ Designação dada por Trenhaile, 1987.

A meteorização pela camada de água é o processo que pode advir do facto de uma superfície ser sucessivamente coberta e descoberta pela camada de água devido às marés. A alternância entre o carácter húmido e o seco da rocha (hidratação/exsicação) faz com que os minerais se vão desintegrando. Assim, este processo parece estar relacionado com as marés: nas marés semidiurnas a superfície fica exposta duas vezes por dia pelo que os efeitos se notam mais que nos locais com marés diurnas. Caso o clima seja húmido as marés diurnas têm mais efeito, uma vez que a água tem mais tempo para evaporar.

A hidrólise é outro processo atuante, que exerce efeito sobretudo sobre materiais frágeis das rochas plutónicas tais como a biotite e feldspato.

A dissolução é um processo que consiste na remoção dos sais minerais e dos produtos de outros processos de desgaste. A sua importância depende do tipo de rochas. Por exemplo, a sílica, o quartzo, o quartzito, por exemplo, são pouco afetados, enquanto nos calcários este processo é determinante na evolução da arriba.

A força de ataque da onda ocorre quase instantaneamente, mas ao contrário de forças atuantes noutros ambientes, sofre mudanças cíclicas de acordo com a amplitude das marés.

É difícil quantificar os resultados da ação das ondas sobre as rochas com discontinuidades (devidas à estratificação, xistosidade ou tectónica) e ainda mais determinar de forma quantitativa a importância e grau de meteorização das rochas na definição da velocidade de recuo das arribas. É de esperar, todavia, que um ataque cíclico, como aquele a que são submetidas as rochas no ambiente costeiro, intensifique a fadiga das rochas e diminua a sua resistência.

Em suma, a evolução das arribas resulta da ação de combinação de diversos agentes erosivos, que atuam no sopé, produzindo sub-escavações ou sapas, nas fachadas expostas e na totalidade da vertente. A erosão produzida pelas ondas é, na maioria dos casos, o processo dominante na erosão do sopé. Estes processos erosivos originam variados tipos de movimentos de vertente.

O tipo de movimento de massa na vertente pode variar consoante a sua litologia e disposição estrutural. Se as costas são escarpadas e elevadas, a arriba é escavada, por ser sujeita à abrasão. A destruição da arriba será maior ou menor em função da litologia presente. Assim, uma arriba calcária é muito menos resistente à abrasão que uma arriba quartzítica. Na linha de costa, há intensas fases de mobilização e deposição de sedimentos, numa interação de correntes fluviais e correntes derivadas da ondulação marinha. As condições de deposição na costa são mais favoráveis

quando as correntes marinhas atuam sobre uma superfície de fundo plana e coberta de sedimentos soltos e móveis.

As fachadas expostas das arribas, acima da zona diretamente atuada pelas ondas, sofrem erosão por desintegração granular superficial de partículas ou de pequenos agregados de partículas. Esta inclui processos como rotura de ligações com carácter permanente entre partículas, o arranque de partículas por impacto de gotas de chuva e escorrência superficial, corrosão eólica por detritos arrastados pelo vento, e a descamação de pequenas escamas ou lâminas de rochas argilosas, provocadas pela alternância de períodos secos e húmidos que exploram a expansibilidade característica destes materiais.

O conjunto dos processos responsáveis pela erosão superficial é relevante na evolução das arribas, e pode, mesmo, assumir o papel principal em rochas argilosas. Porém, na maioria das litologias, os eventos mais importantes da evolução das arribas são, sem dúvida, os movimentos em massa, cuja ocorrência pode constituir um risco para as atividades humanas.

Os movimentos em massa ocorrem nos mais variados contextos geológicos e morfológicos. Têm uma grande diversidade, em termos de materiais envolvidos, velocidade de deslocamento, características morfológicas, mecanismos de preparação e de desencadeamento

No solo, os movimentos mais característicos que ocorrem em ambiente costeiro correspondem a deslizamentos rotacionais com componente de deslocamento vertical apreciável (“slumps”); deslizamentos translacionais, produzidos geralmente segundo descontinuidades naturais ou zonas de fraqueza planares ou levemente onduladas (estratificação, ocorrência de camadas argilosas, clivagem xistenta, xistosidade, diáclases), que podem afetar solos e rochas; quedas de blocos (“fall”) rochosos ou de solos; tombamentos (“toppling”), que podem ocorrer tanto em solos como em rochas, e que consistem na rotação para jusante de blocos ou lajes, ocasionada por o centro de gravidade do elemento destacado se deslocar para fora da base de apoio do mesmo elemento, ou, no caso de rochas muito brandas ou solos, de o centro de gravidade se deslocar para posição descentrada relativamente à base e exceder localmente a resistência do material.

Outros dos movimentos que também são importantes são os do tipo fluxo, que incluem os fluxos de detritos, de lamas, de blocos, de areias secas, a solifluxão (s. s.) e as avalanches, e ainda um caso particular com algumas semelhantes com os escorregamentos translacionais, as expansões laterais (“lateral spread”).

Situações geológicas e geomorfológicas particulares ocasionam movimentos que correspondem a associações dos tipos simples acima descritos e que são designados por movimentos complexos (F. Marques, 1997).

Em maciços rochosos, os movimentos característicos são do tipo planar, em cunha, tombamento (toppling) e, no caso de maciços muito alterados e compartimentados, movimentos de tipo circular, semelhantes aos que ocorrem em solos coesivos.

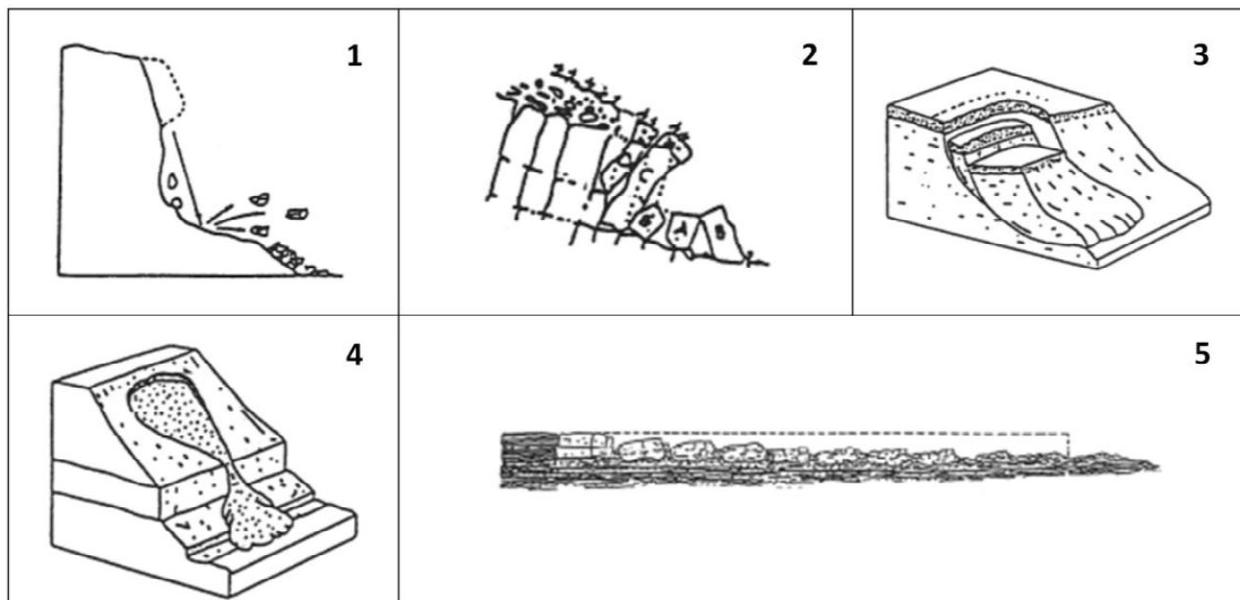


Fig.11. Esboços dos tipos de movimentos de massa de vertente: 1 – Quedas ou desabamentos (falls); 2 - Tombamentos (topples); 3 - Escorregamentos rotacionais (rotational slides), Escorregamentos translacionais (translational slides); 4 - Fluxos (flows); 5 - Expansões laterais (lateral spreads).

(Penacho, Nunes Duarte Chaves, *Caracterização, evolução e análise de suscetibilidade à ocorrência de instabilidade das arribas do Arco Baleal – Bom Sucesso (Peniche-Óbidos)*, 2012, Lisboa, Tese de Mestrado)

O potencial destrutivo destes processos naturais depende da sua velocidade e magnitude. Este facto constata-se em inúmeros incidentes históricos ligados aos desastres naturais (praia de Maria Luísa, em 2009). A perda de resistência do material pode ocorrer instantaneamente, por perda abrupta da coesão, por liquefação de materiais arenosos ou cedência do terreno através de estratos argilosos. A significativa perda dessa resistência pode ocorrer durante o movimento induzindo acelerações à massa deslocada, dada a redução da rugosidade, rotura em argilas, escorregamentos em superfície de liquefação, aquecimento por atrito, perda de coerência interna do corpo deslocado, arrastamento de materiais, cargas induzidas repentinamente sem drenagem ou arrastamento de partículas pela água.

As técnicas mais utilizadas para deteção de movimentos são baseadas essencialmente na interpretação geomorfológica de formas de relevo potencialmente indicadoras de instabilidade atual ou passada, e incluem interpretação de fotografias aéreas e reconhecimento no terreno.

Capítulo 5. Suscetibilidade à Erosão Costeira do Litoral Rochoso do Concelho de Lagos

Avaliação dos Fatores Seleccionados

Mapa de suscetibilidade

Existem várias técnicas para avaliação e produção de mapas de suscetibilidade à ocorrência de instabilidades em vertentes, com diferenças operacionais e conceptuais ao nível dos tipos de unidades de terreno e das ferramentas de análise e construção de modelos.

A erosão costeira é um processo muito complexo, sendo a principal causa do recuo sofrido pelas arribas rochosas no litoral a ocorrência de movimentos de massa de diferentes tipos e dimensões, fenómenos que provocam risco natural considerável.

A suscetibilidade, no que diz respeito aos movimentos de vertente, corresponde à probabilidade de um dado movimento de vertente ocorrer numa determinada área, com base nas condições locais do terreno (Brabb, 1984). Esta é obtida através da estimativa dos locais onde existirá maior tendência de instabilidade, sem considerar a probabilidade temporal das ocorrências, nem as suas magnitudes.

Com o intuito em determinar a suscetibilidade erosão costeira da área, optou-se por recorrer a uma metodologia numérica, seleccionando-se primeiramente os fatores de predisposição que possuem maior peso na dinâmica destas arribas, quer sejam de natureza geológica, quer de natureza geomorfológica.

Foram selecionados, em função das observações de campo, os fatores julgados com maior incidência na suscetibilidade à erosão: litologia, fracturação, uso do solo, altura das arribas, declive, proteção do sopé e a atitude das camadas.

A seleção destes fatores foi baseada no trabalho realizado por F. Marques e C. Romariz (1989¹⁰).

Este tipo de metodologia foi utilizado para analisar a suscetibilidade do litoral rochoso à erosão costeira e tem como base alguns aspetos de classificação geotécnicas empíricas utilizadas no estudo de maciços rochosos, como os autores anteriormente referidos explicam no seu trabalho.

Bieniawsky (1979) na sua classificação de maciços rochosos considerou a soma de índices numéricos correspondentes a 5 parâmetros: resistência da matriz rochosa, RQD - índice de qualidade de rocha, frequência das descontinuidades, estado das descontinuidades e água no maciço rochoso. À soma deste fatores (RMR – Rock Mass Rating) é aplicado um fator de ajustamento, definido qualitativamente e que é função da orientação das descontinuidades.

Romana (1988) na sua adaptação de classificação de Bieniawski ao caso de taludes considerou que o índice de SMR¹¹ se obtém aplicando ao índice RMR um fator

¹⁰ “Suscetibilidade à erosão litoral da Península de Peniche (Estremadura - Portugal)

de ajustamento que depende da orientação das descontinuidades e do método de escavação utilizado.

No caso das arribas litorais são considerados mais dois fatores: a altura das arribas e a proteção de sopé.

5.1. Litologia

A erosão das arribas será maior ou menor em função da resistência aos processos erosivos da litologia presente. Esta condiciona a ocorrência de movimentos, pois inclui a composição mineralógica e textural, propriedades de resistência, atributos que se mostram importantes na determinação da resistência ao corte, permeabilidade, abrasão, que afetam por sua vez a estabilidade das arribas (Varnes, 1984). Assim, em regra, uma arriba calcária é muito mais resistente à abrasão que uma arriba arenítica (mas em alguns casos existem calcários mais brandos e arenitos que podem ser muito duros, pelo que há que ter alguns cuidados na atribuição de escalas de resistência das rochas).

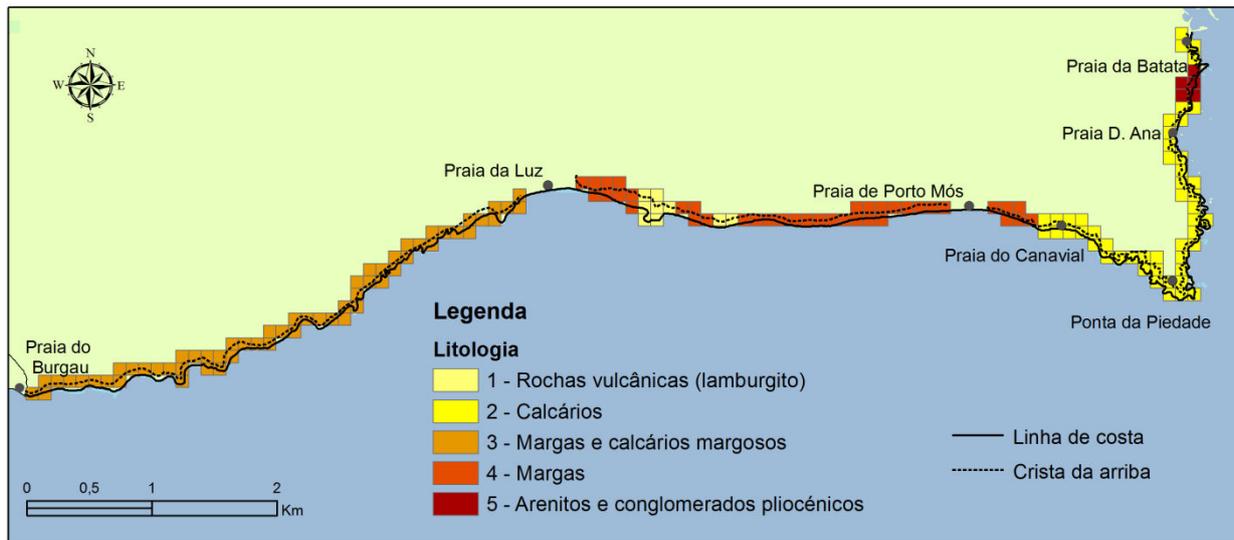
Os movimentos em massa ocorrem nos mais variados contextos geológicos e morfológicos. Apresentam uma grande diversidade, em termos de materiais envolvidos, velocidade de deslocamento, características morfológicas, mecanismos de preparação e de desencadeamento.

O tipo de movimento em massa nas vertentes pode variar consoante a sua litologia e disposição (atitude) dos materiais.

Através de uma análise da Carta Geológica 1/50000, folha 52-A, Portimão, elaborada pela Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos, distinguiram-se 5 tipos de rocha ao longo da área em estudo, definindo assim cinco classes litológicas, tendo sido atribuído o peso 1 ao tipo de rocha mais resistente á erosão costeira e o peso 5 à mais branda.

Sendo assim, as classes litológicas foram definidas da seguinte maneira: 1- Rochas vulcânicas (lamburgito); 2 – calcários, que correspondem ao Miocénico marinho; 3 - margas e calcários margosos, que correspondem ao Cretácico inferior diferenciado; 4 – margas, que correspondem ao Aptiano; e 5 - arenitos e conglomerados, que correspondem ao Plio-plistocénico indiferenciado.

¹¹ Slope Mass Rating



Mapa.11. Suscetibilidade litológica à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos

Através do mapa podemos ver que o grau 1 encontra-se na área da Ponta das Ferrarias (constituída por uma chaminé vulcânica a E da Praia da Luz) e numa pequena área a E. O Grau 2 surge a partir da praia do Canavial onde o suporte litológico das arribas é essencialmente constituído por biocalcarenitos da Formação Carbonatada de Lagos-Portimão. Esta formação encontra-se muito carsificada, com preenchimento das cavidades, habitualmente pequenos algares com diâmetro da ordem da ordem da dezena de metros, por depósitos argilosos e arenosos, de cor avermelhada, semelhantes aos da cobertura plio-pleistocénica.

A área a partir do limite a oeste do concelho, zona este da Praia do Burgau, até a Praia da Luz é caracterizada por uma série calco-margosa de Cretácico basal. Em termos litológicos trata-se, essencialmente, de alternâncias de calcários mais ou menos margosos, com camadas de espessura média, por vezes elevada, e margas, siltitos e argilitos foi qualificada com o grau 3.

A área entre a Praia da Luz e a Praia de Porto Mós apresenta uma litologia também branda, tornando assim esta área mais suscetível aos movimentos de vertente e recebendo um peso 4 de suscetibilidade no mapa, com exceção de dois afloramentos de rochas vulcânicas que surgem a este da Praia da Luz. Nesta área (à exceção das zonas de rocha vulcânica), afloram as Margas da Luz (Aptiano) que compreendem argilas, siltitos e margas e a formação de Margas e Calcários de Porto Mós, que é essencialmente constituída por alternância de margas, argilitos e siltitos, como já foi referido na caraterização geológica.

sendo a zona onde a litologia é mais branda e que mais contribui para uma maior instabilidade da arriba como se pode ver no mapa, a área compreendida entre o Norte

da praia D. Ana e a cidade de Lagos, que corresponde à máxima predisposição litológica para suscetibilidade (grau 5). Esta área corresponde a uma zona de areias soltas, grosseiras, avermelhadas e com matriz silto-argilosa, de idade plio-pleistocénica.

5.2. Fracturação

Para além da litologia, as características de resistência dos maciços rochosos são também consequência do estado de alteração da rocha e, sobretudo, pelo seu grau de fracturação. A ocorrência de água percolando nos maciços atua também, com frequência, na respetiva estabilidade.

Para avaliar o estado de fracturação de um maciço existem vários critérios razoavelmente semelhantes entre si que caracterizam em regra, o espaçamento entre diáclases. No geral, podemos definir 5 classes correspondendo cada uma às designações de muito próximas, próximas, medianamente afastadas, afastadas e muito afastadas.

Intervalo entre fraturas (cm)	Designação
> 200	Muito afastadas
60 - 200	Afastadas
20 - 60	Medianamente afastadas
6 - 20	Próximas
< 6	Muito próximas

Quadro.3. Graus de fracturação de maciços rochosos
 (Oliveira, Ricardo, *Apontamento de Geologia de Engenharia*, Universidade Nova de Lisboa)

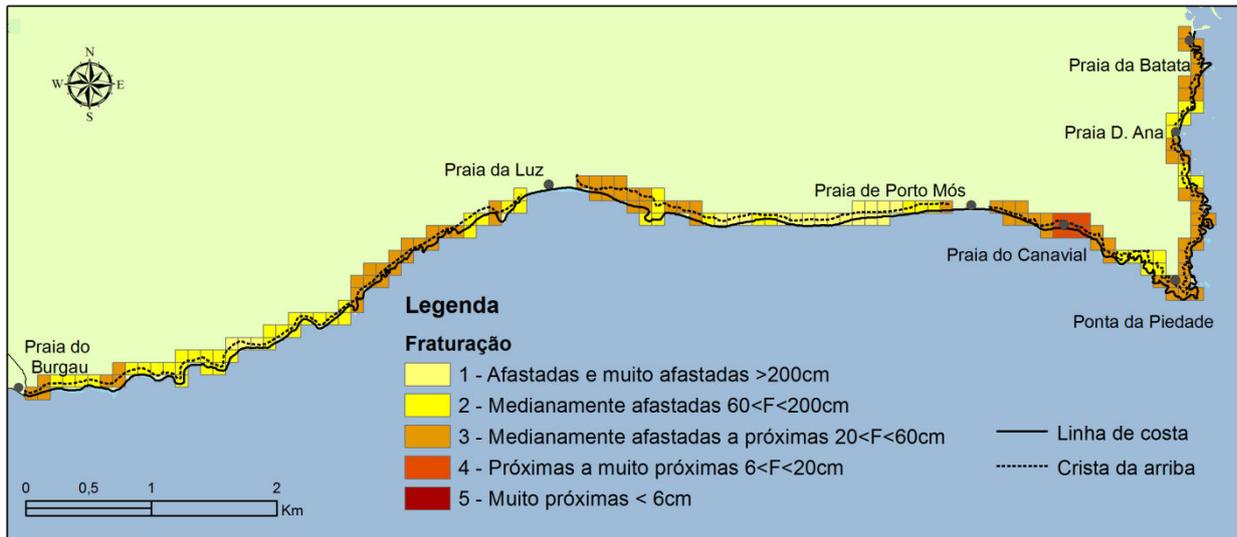
O quadro 3 mostra a classificação elaborada pela comissão da ISRM¹², Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas, em 1977.

A avaliação do grau de fracturação de um maciço pode ser igualmente feita através da contagem do número de diáclases por metro.

Tendo em conta a classificação referida anteriormente (relativo ao afastamento de diáclases) definiram-se cinco classes, sendo que o peso 1 foi atribuído às porções da arriba com menor fracturação, tornando-a menos instável e o peso 5 diz respeito às áreas mais fraturadas e, conseqüentemente, mais instáveis e mais suscetíveis a movimentos de vertente.

¹² ISRM - International Society for Rock Mechanics

Ficaram assim definidas as seguintes classes: 1 – fraturas muito afastadas, 2 – fraturas Afastadas, 3 – fraturas medianamente afastadas, 4 – fraturas próximas e 5 – fraturas muito próximas.



Mapa. 12. Suscetibilidade à erosão costeira consoante a fracturação

Através do mapa podemos concluir que as zonas onde a fracturação pode contribuir para uma maior instabilidade das arribas, são a área compreendida entre a Praia de Porto Mós e Lagos e umas áreas a oeste e a este da Praia da Luz.

A atribuição das classes derivou de medições realizadas no terreno.

5.3. Atitude das camadas

Em Geologia a atitude é a orientação de um plano ou de uma linha no espaço. É composto pela direção, o ângulo horizontal entre uma linha ou plano e uma coordenada geográfica (Norte) e mergulho (ou pendor), a inclinação de uma linha ou plano em relação ao plano horizontal.

Tendo em contra o estudo de “Suscetibilidade à erosão do litoral da Península de Peniche (estremadura - Portugal)” de F.M.S.F. Marques e C.

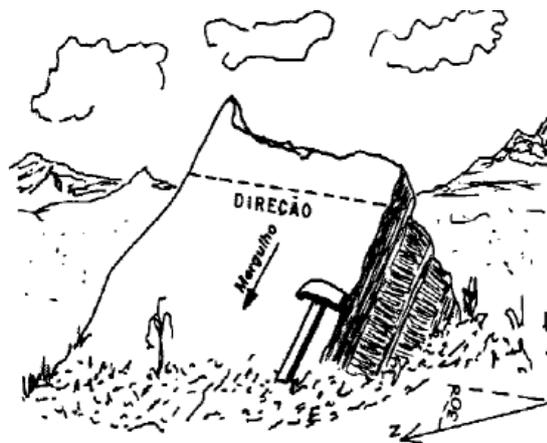
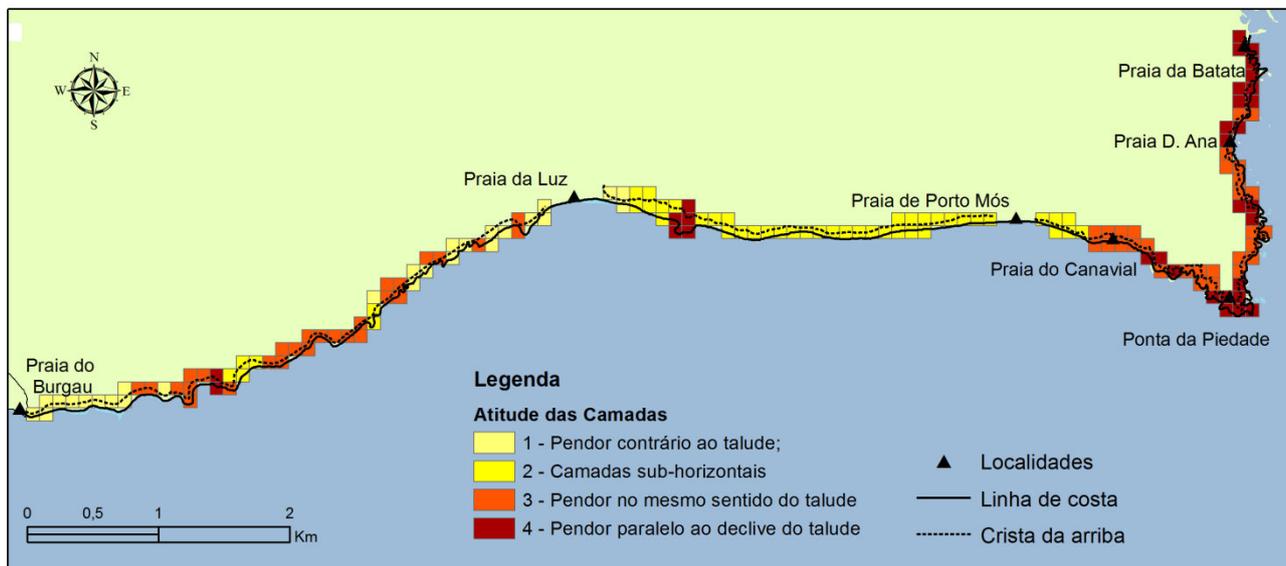


Fig.12. Desenho ilustrativos da atitude de uma feição planar em pontilhado, a direção do plano, enquanto a seta indica o sentido do mergulho (Matta, Milton, *Geologia Estrutural*, UFPCG)

Romariz 1989, irão ser considerados 4 termos para classificar a atitude das camadas:
 1 - Pendor contrário ao talude; 2 – Camadas sub-horizontais; 3 - Pendor no mesmo sentido do talude; e 4 – Pendor paralelo ao declive do talude.

Estes dados foram registados através do trabalho de campo, dando origem ao seguinte mapa.



Mapa.13.Suscetibilidade á erosão costeira consoante a atitude das camadas

5.4. Uso do solo

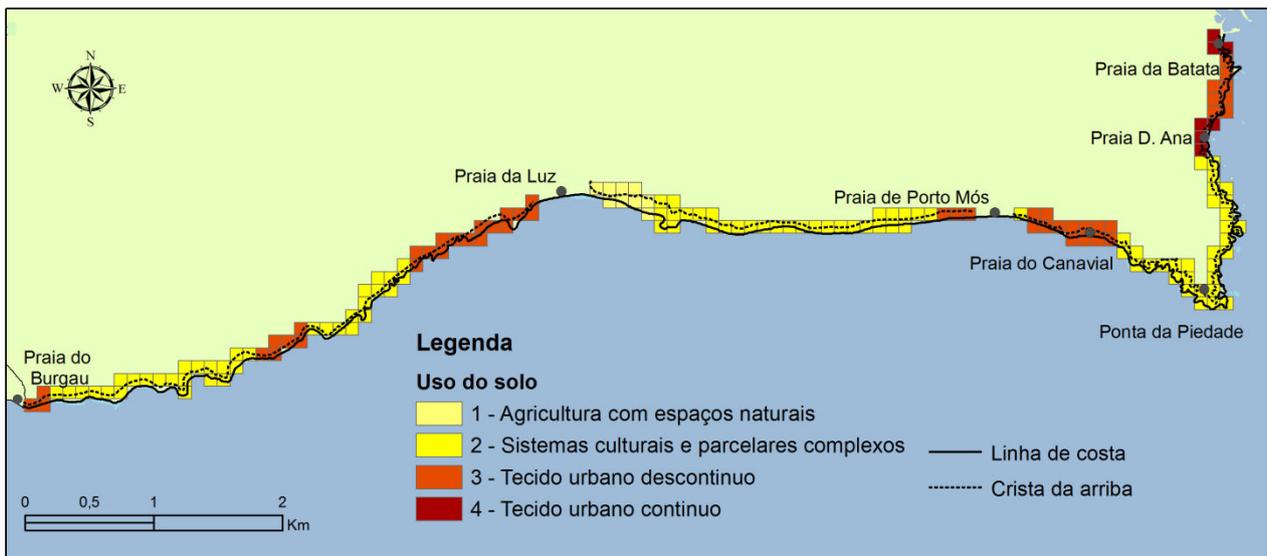
O uso do solo pode provocar diferentes comportamentos morfológicos de uma orla costeira, dependendo da vegetação, construções, solos sem vegetação e não revestidos.

O coberto vegetal é um fator de grande importância, sobretudo pela sua ausência, uma vez que a vegetação funciona como sustentáculo dos materiais das vertentes, pela ação das suas raízes.

De acordo com Coelho (2005), quanto maior for o nível de alteração do estado natural do uso de um solo, maior poderá ser a sua suscetibilidade. Esse estado natural, geralmente, consiste na vegetação existente no solo que retém os materiais ficando, assim, protegidos da erosão. A ocupação do solo através das variadas construções e atividades provoca um desequilíbrio e degradação da costa, tornando assim essas zonas mais suscetíveis às ações energéticas do mar.

Baseado no Corine Land Cover 2000, série cartográfica de ocupação do solo, à escala 1:100000, foram definidas 4 classes, sendo que 1 representa o tipo de uso do solo que torna a arriba menos instável e 4 o tipo de uso do solo que torna a arriba mais instável.

As classes definidas foram: 1 - agricultura com espaços naturais; 2 - sistemas culturais e parcelares complexos; 3 - tecido urbano descontínuo; e 4 – tecido urbano contínuo.



Mapa.14. Suscetibilidade à erosão costeira consoante o uso do solo

As zonas mais suscetíveis no que diz respeito ao uso do solo correspondem às áreas urbanas. Como se pode ver no mapa, as manchas de tecido urbano encontram-se junto às principais praias.

As manchas de tecido urbano na zona de Porto Mós e Praia D. Ana estão diretamente relacionadas com o crescimento da cidade de Lagos.

Lagos integra a polinucleação principal Lagos-Portimão e coloca-se numa posição de destaque no quadro do sistema urbano regional, já que está indicado como um dos centros urbanos do Barlavento Algarvio com maior índice de centralidade e juntamente com Portimão, origina fluxos para acesso a funções muito especializadas, sendo o destino de população oriunda de 13 freguesias distintas.

Já a Praia da Luz têm sofrido um grande aumento de construções, sendo das zonas de Lagos que mais cresceu nos últimos anos.

Em muitos locais (Praia da Luz, Praia D. Ana e cidade de Lagos) a construção e a infra-estruturação turística vem mesmo até ao topo das arribas costeiras, aumentando a pressão (consequentemente a suscetibilidade), mas também a exposição e vulnerabilidade da população e dos turistas aos processos costeiros



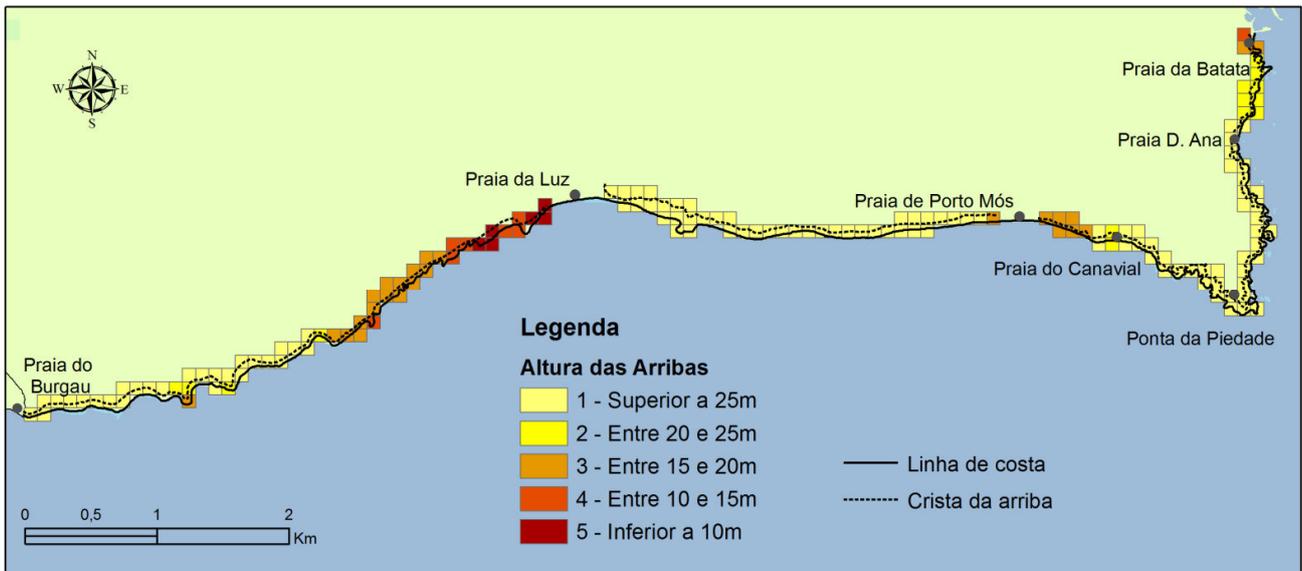
Fig.13. Visão área da Praia D. Ana

5.5. Altura das arribas

A altura da arriba está relacionada com o volume dos desmontes, sendo de esperar que arribas mais altas recuem mais lentamente do que arribas mais baixas. Este raciocínio parece ser mais verdadeiro no caso de recuos de arribas medidos num curto espaço de tempo (o tempo de duração de uma tempestade por exemplo), em formações muito brandas. Contudo, neste tipo de formações, os recuos a longo prazo parecem independentes da altura da arriba (Sanamura, 1963).

As classes definidas para o fator, altura das arribas, foram as mesmas que Marques e Romariz (1989) definiram no seu trabalho, sendo assim, este fator tem 5 classes de suscetibilidade sendo que 1 corresponde as arribas mais altas que recuam mais lentamente e 5 às arribas mais baixas. Nesse caso, o índice 1 é atribuído às arribas superiores a 25 metros, 2 às arribas entre 20 e 25 metros, 3 às arribas entre 15 e 20 metros, 4 às arribas entre 10 e 15 metros e 5 às arribas com menos de 10 metros.

A maioria da zona costeira de Lagos é constituída por arribas altas, superiores a 25 metros, com exceção da zona a oeste da praia da Luz onde encontramos arribas mais baixas. É também na zona de Porto Mós e Lagos que encontramos arribas entre os 10 e 20 metros.



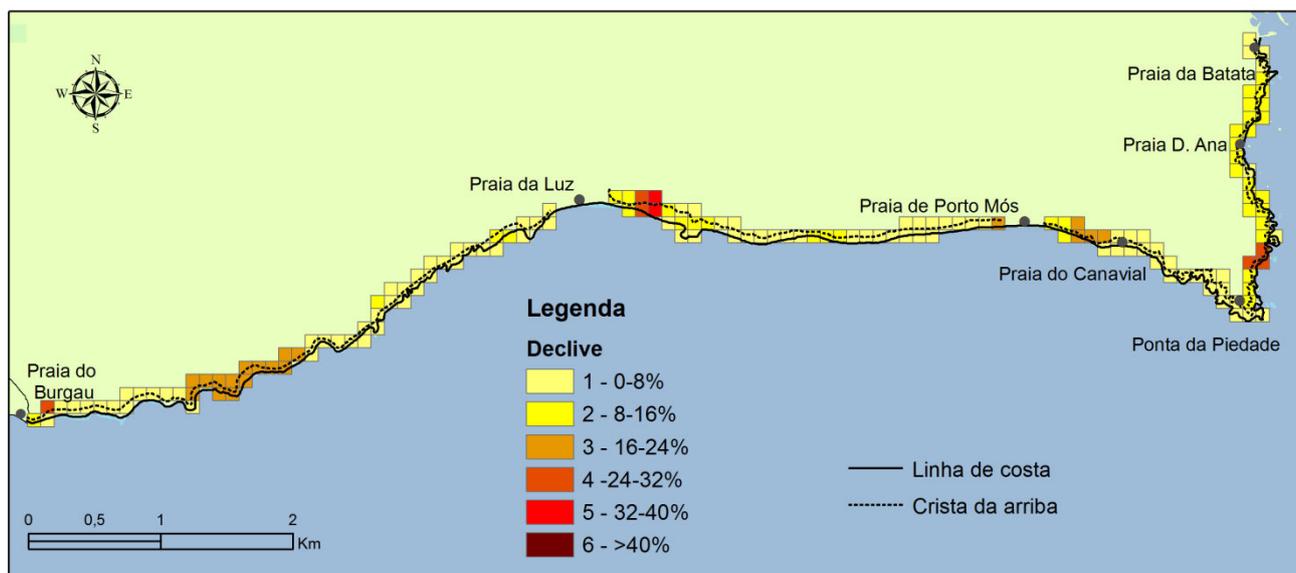
Mapa.15. Suscetibilidade á erosão costeira consoante a altura da arriba

5.6. Declive

O declive corresponde ao ângulo de inclinação da superfície topográfica, relativamente ao plano horizontal, expresso em graus ou em percentagem, e tem importância na avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos, uma vez que determina as tensões tangenciais que se fazem sentir nas arribas.

O declive assume-se como fundamental para a ocorrência de movimentos de vertente, na ausência de vegetação, pois quanto mais elevado for o declive maior será a influência da força de gravidade sobre os materiais existentes nas vertentes que, caso estejam fragilizados, facilmente se movimentam ao longo da vertente.

Tendo em conta o mapa de declives da zona foram definidas seis classes: 1 – de 0 8%; 2 – 8-16%; 3 – 16-24%; 4 – 24-32%; 5-32-40%; e 6 para declives superiores a 40%.



Mapa.16. Suscetibilidade à erosão costeira consoante o declive

Não existem grandes variações de declive no litoral rochoso de Lagos, sendo no geral uma zona sem declives acentuados, como se pode ver no mapa. Só a este da Praia da luz é que existe uma área onde o declive é superior a 24%.

5.7. Proteção do sopé

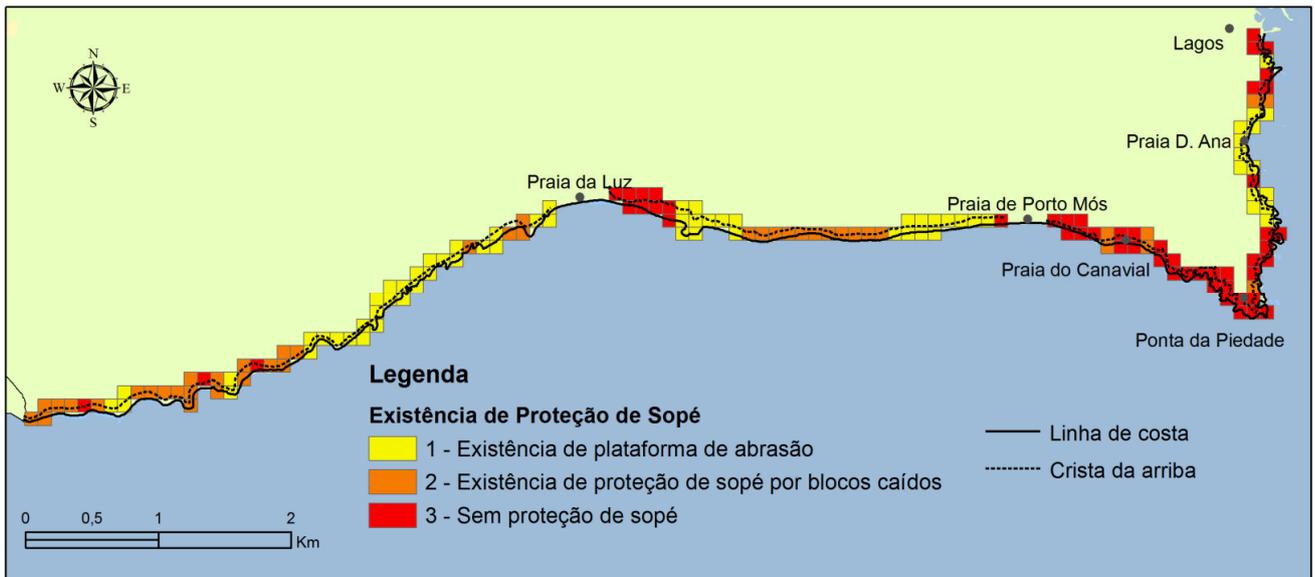
Em formações resistentes, a evolução da arriba processa-se habitualmente por escavação de sopé e queda de uma fatia da mesma, resultando num depósito de sopé constituído por blocos de maior ou menor dimensão consoante o espaçamento das discontinuidades existentes no maciço. A remoção destes blocos pelo mar necessita da sua prévia desagregação, o que pode constituir um processo mais ou menos lento consoante a resistência do material que constitui a arriba.

Por outro lado, a manutenção dos depósitos de blocos no sopé e, naturalmente, o seu volume, constituem a proteção da arriba contra o subsequente ataque de vagas.

Em formações brandas, pelo contrário, e especialmente no caso de materiais arenosos, a degradação dos depósitos é quase imediata, funcionando então como carga abrasiva que vai facilitar a erosão na base da arriba.

A suscetibilidade deste fator foi dividida em 3 classes: 1 – existência de plataforma de abrasão; 2 – existência de proteção de sopé por blocos caídos; 3 – sem proteção de sopé.

A plataforma de abrasão é a faixa entre o mar e a arriba, que fica a descoberto na maré baixa. Quando o mar contacta com a terra em zona de costas de arriba dão-se fenómenos de recuo da arriba. As ondas escavam a base da arriba, esta torna-se instável devido à perda da sua base de sustentação. Essa instabilidade origina a fragmentação e queda de blocos. Se a arriba tem fissuras, o ar situado nessas fissuras é comprimido. Quando a onda recua, dá-se um processo de descompressão. Desta forma os interstícios da rocha são alargados e a rocha vai-se fragmentando. Este desgaste provoca um escavamento no sopé das arribas, que, sem apoio, se vão desmoronando. Assim, a arriba vai recuando, desenvolvendo-se, assim, uma plataforma de abrasão (faixa entre o mar e a arriba), que fica a descoberto na maré baixa.

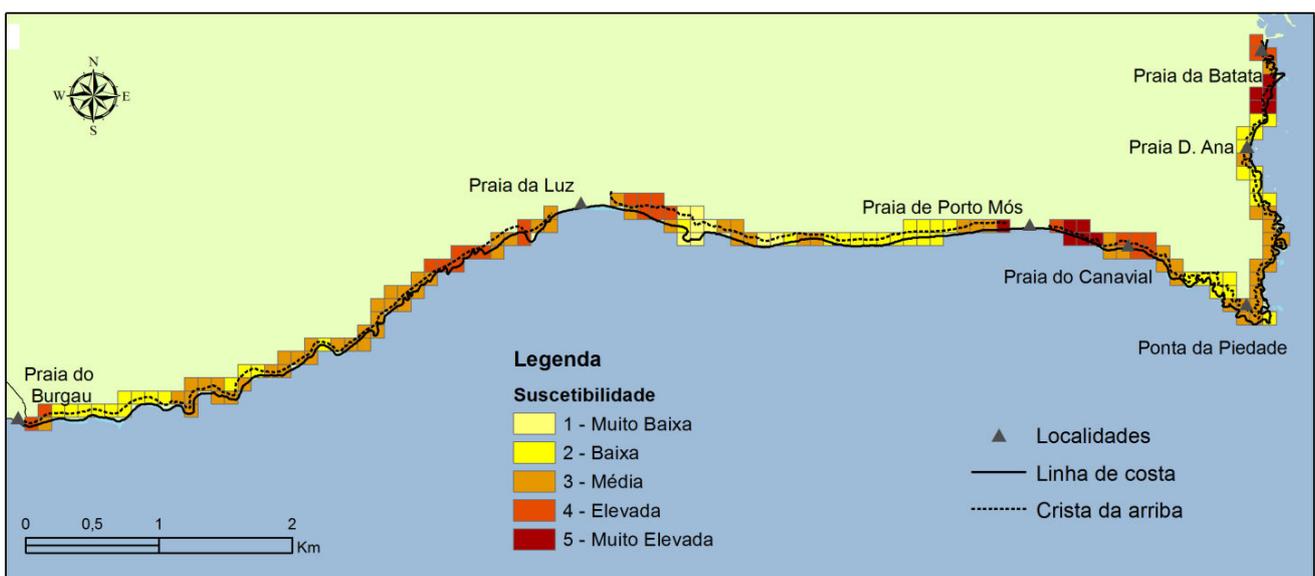


Mapa.17. Suscetibilidade à erosão costeira consoante a proteção de sopé

5.8. Mapa de suscetibilidade

Do ponto de vista da geologia de engenharia, o significado deste tipo de mapas de prognóstico pode ser interpretado como uma previsão das zonas relativamente mais instáveis, onde estão representados ambientes geológicos que apresentem vertentes (neste caso, arribas) em condições mais desfavoráveis. Ao classificar estes ambientes, é possível efetuar ainda uma avaliação quantitativa, em primeira abordagem, dos locais que envolverão maior perigo para ocupação do território.

O mapa de suscetibilidade resulta da soma dos índices parcelares atribuídos a cada elemento da malha. No entanto, nem todos os elementos terão exatamente a mesma importância para a evolução das arribas. Por exemplo, a classificação de Bieniawski (1979) considera um peso máximo de 50% para os dados relativos às descontinuidades, 15% para a resistência da rocha e um fator de ajustamento até 12% para a orientação das descontinuidades. Romana (1988) considera um fator de ajustamento com influência até cerca de 50% nos resultados naturais. No presente caso, tendo em conta Marques e Romariz (1989), foram atribuídos coeficiente de ponderação 3 à litologia e à fracturação, 2 ao uso do solo e 1 aos restantes fatores (altura da arriba, proteção do sopé, atitude das camadas e declive).



Mapa.18. Suscetibilidade à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos

A soma dos índices atribuídos a cada elemento da malha, tendo em conta o coeficiente de ponderação de cada fator, resultou no mapa de suscetibilidade apresentado.

Para a classificação dos resultados utilizados neste mapa foi utilizado o método de Natural Breaks (algoritmo de Jenks), este método forma grupos que são homogêneos internamente e assegura a heterogeneidade entre classes.

Analisando o mapa que resultou da análise individual de cada fator, verificamos que as zonas com uma suscetibilidade muito elevada à erosão costeira são as áreas da Praia de Porto Mós e a sul da Praia da Batata.

Encontramos áreas com suscetibilidade elevada próximas da Praia da Luz tanto a oeste como a este da praia, na Praia do Canavial e na zona costeira da cidade de Lagos (na Praia da Batata).

Na área compreendida entre o Burgau e a Praia da Luz, maior parte das quadrículas apresentam uma suscetibilidade média ou elevada, o que está diretamente relacionado com áreas onde existem arribas mais baixas, com a presença de zonas urbanas, pois a Praia da Luz têm sofrido um grande aumento de construções, e também com a litologia, que apresenta valores médios de suscetibilidade.

A Ponta das Ferrarias na parte E da Praia da Luz é onde a suscetibilidade apresenta valores mais baixos, por ser uma área caracterizada por rochas vulcânicas, menos brandas, arribas altas e não ser urbanizada.

Entre a Ponta das Ferrarias e a Praia de Porto Mós a suscetibilidade é na sua maioria baixa, pois, apesar de apresentar uma litologia branda com um nível elevado de suscetibilidade, é caracterizada por arribas altas, apresenta um nível baixo de alteração do estado natural do uso de um solo, e apresenta valores baixos também nos restantes fatores.

Entre a Praia de Porto Mós e a Ponta da Piedade encontramos uma das áreas com suscetibilidade muito elevada que corresponde à área a este da Praia de Porto Mós. Podemos associar este resultado a uma zona urbanizada, caracterizada por uma

Fatores de predisposição	Coeficiente de ponderação
Litologia	3
Fracturação	3
Uso do Solo	2
Altura da Arriba	1
Proteção do Sopé	1
Atitude das Camadas	1
Declive	1

Quadro.4. Coeficiente de ponderação atribuído a cada fator

litologia branda e com valores elevados no que diz respeito à fracturação, ou seja, apresenta fraturas próximas.

A praia do Canavial que se encontra neste sector, apresenta uma suscetibilidade elevada devida ao nível alto de alteração do estado natural do uso de um solo, à elevada fracturação e inexistência de proteção de sopé.

A Ponta da Piedade é caracterizada com o nível médio de suscetibilidade devido as características físicas das suas arribas mais propriamente apresentarem fraturas medianamente afastadas, pendor predominantemente paralelo do talude e a inexistência da proteção do sopé.

Entre a Ponta da Piedade e a cidade de Lagos a área que apresenta maiores valores de suscetibilidade, atingindo o nível muito elevado é o litoral da própria cidade de Lagos (Praia da Batata), o que está claramente associado à urbanização desta área e à litologia branda da área.

Capítulo 6. Validação do mapa de suscetibilidade

Comparação dos resultados com os movimentos em massa de vertente registados por Fernando Marques

Comparação com notícias relacionados com movimentos em massa na área em estudo

6.1. Validação do mapa de suscetibilidade através da comparação com a ocorrência de movimentos em massa.

Tendo em conta o princípio do uniformitarismo ou atualismo, as abordagens sobre a suscetibilidade ligadas aos movimentos de vertentes baseiam-se no pressuposto de que os futuros movimentos de vertente têm maior probabilidade de ocorrer nas mesmas condições que determinaram a instabilidade presente e passada.

Tendo em conta este princípio, após a aplicação da metodologia escolhida para a avaliação da suscetibilidade à erosão costeira na área em estudo, os resultados obtidos devem ser confrontados com a ocorrência de eventos singulares e com o seu período de recorrência, para validar esta metodologia¹³.

A validação dos resultados anteriormente apresentados será realizada através da comparação destes resultados com o levantamento dos movimentos de massa de vertente elaborado por Fernando Marques (1997) e com o levantamento realizado através de notícias da imprensa relacionados com movimentos em massa nas arribas do Concelho de Lagos.

6.2. Comparação dos resultados com os movimentos em massa de vertente registados por Fernando Marques

Como foi referido anteriormente, os primeiros dados quantitativos sobre a evolução das arribas na costa de Lagos (fundamentalmente resultantes da ocorrência de movimentos em massa nas vertentes) foram obtidos no âmbito da tese de doutoramento do geólogo Fernandes Marques, em 1997.

É possível encontrar nesta tese um extenso inventário de movimentos em arribas, ao longo de todo o litoral rochoso do Algarve, compreendendo os sectores Oeste e Sul. Este inventário foi realizado com recurso a métodos simplificados que se baseiam em interpretação e comparação sistemáticas, bem como em medições realizadas em provas de contacto de fotografias aéreas, usando apenas um estereoscópio de espelhos com oculares de ampliação de 8x e instrumentos de medição adequados.

No total, no litoral rochoso de Lagos, foram registados 44 movimentos. A informação alfanumérica encontra-se compilada em folhas de cálculo e a informação

¹³ Anteriormente foi estudada somente a suscetibilidade (incidência espacial do perigo), neste capítulo como se recorre a base de dados existentes de movimentos de vertente para validar a metodologia anteriormente apresentada, podemos falar de um estudo de perigosidade (Probabilidade de ocorrência de um processo ou ação com potencial destruidor).

relativa à localização de cada movimento encontra-se registada em papel, sobre a cartografia 1: 25000 do IGeoE, impressa em formato A4.

A maioria dos movimentos em massa nas vertentes registados por Marques nesta área ocorreram entre a Praia do Canavial e Lagos. Este facto está associado às características geológicas desta área, que é essencialmente constituída por biocalcarenítos da Formação Carbonatada de Lagos-Portimão que se encontra muito carsificada.

Podemos confirmar isso pelos tipos de movimentos registados, sendo que a maioria deles foram deslizamentos rotacionais (slumps), alguns deles associados a leixões¹⁴ e algares.

Este tipo de movimento em massa pode tanto ocorrer em rochas como em solos que estejam sujeitos a elevadas tensões de corte, originando superfícies ou planos de rotura bem definidos.

A área onde Marques registou menos movimentos foi entre a Praia do Burgau e a Praia da Luz, com apenas seis movimentos, que foram classificados como tombamentos.

Este tipo de movimento pode ser descrito como a rotação de uma massa rochosa ou de solo em redor de um ponto ou eixo situado por baixo do seu centro de gravidade. Os tombamentos, também designados por balanceamentos por alguns autores, são impulsionados por efeitos de carga e descarga de material junto ao limite superior da vertente, outras vezes por presença de água (líquida ou sólida) que se infiltra nas fendas ou mesmo pelo crescimento de raízes.

De maneira geral, analisando o mapa com os movimentos registados por Fernando Marques na sua tese de doutoramento e o mapa que resultou deste estudo, podemos concluir que nas áreas apresentam nível muito elevado de suscetibilidade foram registados vários movimentos de vertente.

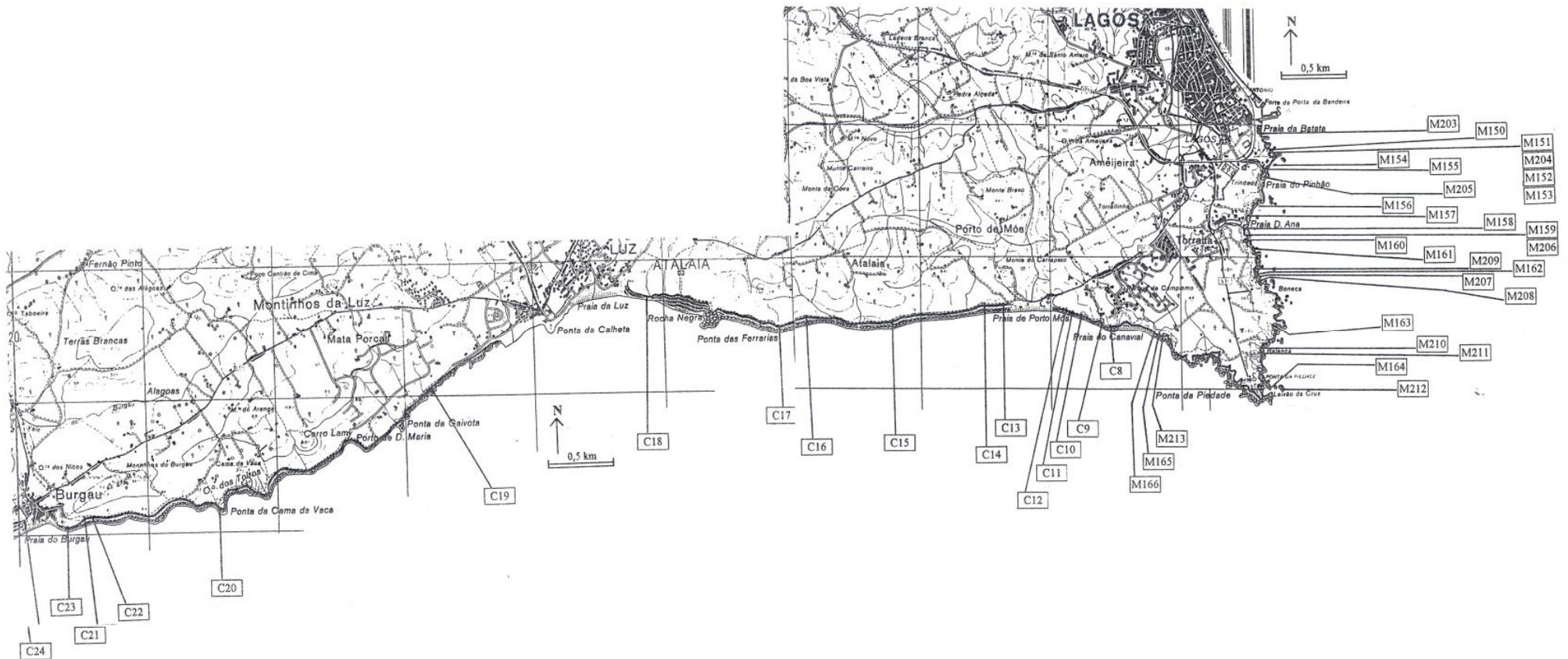
De maneira geral os movimentos registados por Fernando Marques encontram-se em zonas de suscetibilidade média, elevada ou muito elevada a exceção da área da Praia D. Ana.

O nível suscetibilidade atribuído à área da Praia de D. Ana (suscetibilidade média e baixa), não tem equivalência com o registo de movimentos de vertente realizado por Fernando Marques, pois esta foi uma das áreas onde houve mais movimentos de vertente. Esta situação está associada aos resultados do fator litologia, pois neste estudo, (tendo em conta a carta geológica 1/50 000 52-A Portimão), foi dado o grau 2,

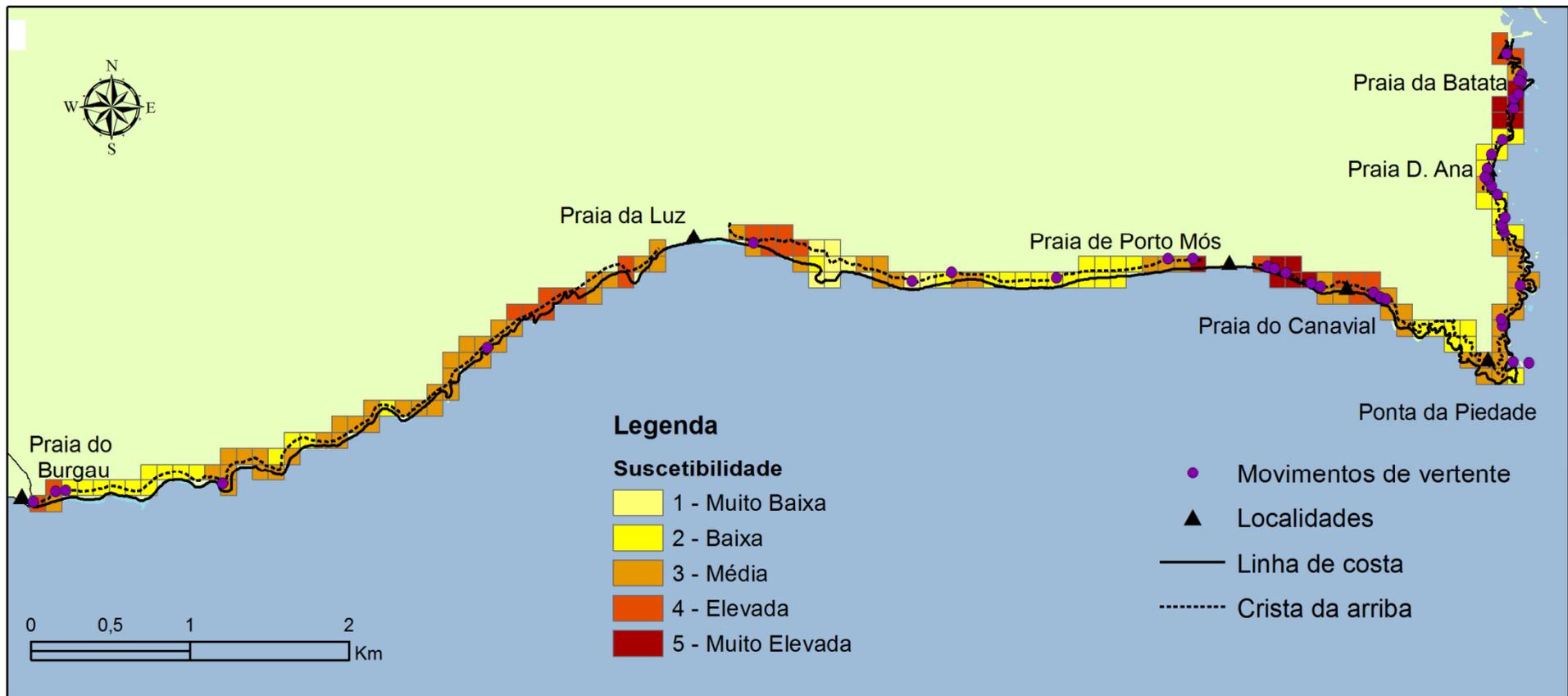
¹⁴ Leixões – Termo náutico que se refere a uma saliência de rocha que se destaca da plataforma de abrasão e emerge ou fica quase a descoberto na baixamar. Em geral, durante a preiamar, ficam submersos, constituindo perigo para a navegação. (Glossário das Zonas Costeiras <http://www.aprh.pt/rgci>)

onde o suporte litológico das arribas é essencialmente constituído por biocalcarenitos da Formação Carbonatada de Lagos-Portimão.

No entanto, esta formação encontra-se muito carsificada, com cavidades preenchidas com material bastante brando, como foi referido anteriormente, o que leva à origem de vários movimentos de vertente e à diferença de resultados entre os dois mapas que são apresentados em seguida, uma análise de menor escala em termos geológicos iria provavelmente aproximar os estes resultados.



Mapa.19. Movimentos de vertente registados por Fernando Marques, no concelho de Lagos



Mapa.20. Suscetibilidade à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos e movimentos de vertente registados por Fernando Marques



Mapa.21. Movimentos de vertente registados por Fernando Marques, segundo o tipo de movimento.

6.3. Notícias relacionados com movimentos em massa nas arribas do Concelho de Lagos.

Para se analisarem as notícias sobre riscos costeiros nos meios de comunicação temos que se ter em conta alguns conceitos utilizados por estes dentro do tema dos riscos naturais.

O termo desastre é definido como um acontecimento súbito, inesperado ou extraordinário, concentrado no tempo e no espaço, que provoca prejuízos severos na vida dos indivíduos, afetando as principais funções da sociedade em determinada área e que deve obrigar a repensar tudo, em função da gravidade, desde as finalidades (acidente grave), às regras (catástrofe) e até aos sistemas de valores (calamidades).

Por sua vez, o termo acidente corresponde a um acontecimento repentino e imprevisto, provocado pela ação do ser humano ou da natureza, com danos significativos e efeitos muito limitados no tempo e no espaço, suscetíveis de atingirem as pessoas, os bens ou o ambiente, implicando a revisão dos modelos.

Um incidente será um episódio repentino que reduz significativamente as margens de segurança sem, contudo, as anular, apresentando por isso apenas potenciais consequências para a segurança, levando a uma atualização das bases de dados, mas sem acarretar uma revisão dos modelos, das finalidades, das regras e dos valores.

Finalmente, uma ocorrência é um acontecimento, facto sucedido, eventualidade, circunstância, coincidência, falso alarme, que origina a mobilização dos meios de bombeiros (L, Lourenço, 2004).

As questões relacionadas com os riscos costeiros têm merecido grande destaque nos meios de comunicação social e a mediatização da invasão do mar em áreas mais atrativas, aparentemente, despertou os cidadãos sobre a questão da erosão costeira.

Todos os anos, independentemente dos Invernos serem ou não rigorosos, arribas são erodidas, verificam-se deslizamentos e desabamentos mais ou menos extensos, e o mar avança criando riscos face à exposição e vulnerabilidade intrínseca do ambiente humano litoral. Contudo, se tal não coincide com áreas habitacionais, ou com locais “mediáticos”, estes fenómenos naturais passam ao lado da comunicação social.

Antes da derrocada na Praia da Maria Luísa, em 2009, são raras as notícias sobre o litoral rochoso da zona costeira de Lagos, quer nos meios de comunicação social locais, quer nos nacionais. Mas este incidente no concelho de Albufeira que causou 5 mortes chamou a atenção dos meios de comunicação social para os riscos costeiros e

após este acontecimento começaram a surgir notícias de praias com zonas de risco de queda de blocos, principalmente no Algarve, e notícias que mostram a preocupação da população com a monitorização dos riscos costeiros e com as sinalizações de perigo nas zonas de risco.

Apesar de raras as notícias, a 28 do Setembro de 2008, o Jornal de Noticias publicou uma nota a chamar a atenção para uma arriba em risco de “derrocada” entre a Praia da Luz e a Praia de Porto Mós.

Após este desastre da Praia de Maria Luísa várias notícias surgiram nos meios de comunicação, que referiam a zona costeira de Lagos e, apesar de serem raras as notícias sobre movimentos em massa nas arribas da área em estudo, existem algumas que referem situações de arribas instáveis e de zonas que sofreram intervenções preventivas, como por exemplo “derrocadas” controladas.

Através da análise destas notícias podemos concluir que a maior preocupação das autoridades responsáveis incidem sobre a Praia de Porto Mós, a Praia da D. Ana e a Praia da Batata, o que provavelmente está relacionado com o facto de ser nestas zonas onde se encontra as maiores dos aglomerados urbanos nos topos das arribas, logo também o maior número de utentes das praias.

Em Agosto de 2009, saiu no jornal Barlavento, uma nota que indicava que a ARH tinha concluído uma avaliação das arribas do Barlavento algarvio sem identificar "risco iminente" em Lagos: “A Administração da Região Hidrográfica (ARH) do Algarve anunciou hoje que vai avaliar as condições das arribas na sua área de jurisdição da Costa Vicentina, depois de não ter identificado qualquer "risco iminente" em Lagos.”

Após o acidente anteriormente referido, a área da zona costeira de Lagos que mais tem surgido nos meios de comunicação é a Praia D. Ana, que em Setembro foi uma das 17 praias, de todo o país, a sofrer “derrocadas” controladas em arribas. Destas 17 intervenções 13 foram no Algarve, como foi noticiado pelo jornal Barlavento.

Ainda nesse ano, mas no mês de Novembro, sofreu uma alimentação artificial, “...destinada a proteger as arribas da erosão provocada pela ação das marés”, prevista no Plano de Ordenamento da Orla Costeira

diárionline®

Arrancaram os trabalhos de alimentação artificial da Praia da D. Ana

Começaram na passada segunda-feira os trabalhos de Alimentação Artificial da Praia da D. Ana, em Lagos, previstos no Plano de Ordenamento da Orla Costeira para a zona de Burgau-Vilamoura.

O momento foi marcado pela assinatura do Acordo de Colaboração entre o Instituto da Água (INAG), a Administração da Região Hidrográfica do Algarve, I.P (ARHA) e o Município de Lagos (CML), que define o modo de participação de cada uma destas três entidades na concretização do projecto.



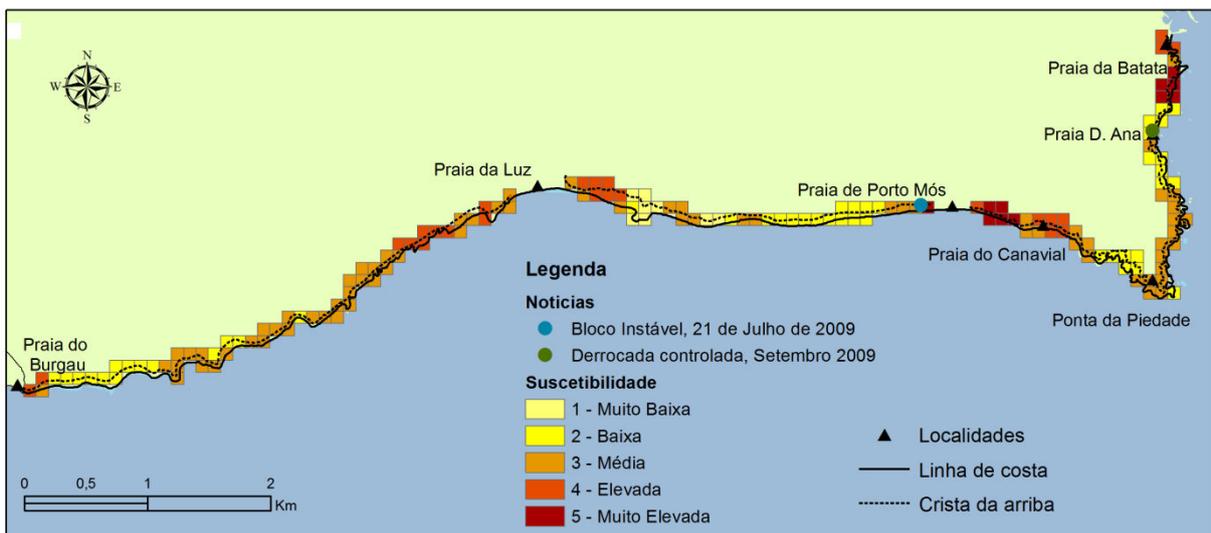
am sobre a Praia D.

para a zona de Burgau-Vilamoura. No final desta obra, o areal da Praia da D. Ana ficou com mais 40 metros do que anteriormente, prosseguindo o objetivo de proteção das arribas mais frágeis.

Várias noticiais que abordavam os investimentos no litoral rochoso, referiam a Praia D. Ana como uma das áreas onde os investimentos eram mais avultados. Como referiu o Barlavento, “as praias com os investimentos mais significativos são D. Ana (Lagos), Amado, Careanos e Três Castelos (Portimão) e Senhora da Rocha (Lagoa), sublinham as autoridades ambientais, sublinhando que decorrem atualmente intervenções pontuais, entre elas na Praia dos Estudantes, em Lagos.”

Em 21 de Julho saiu, no Diário Online da região sul, a notícia: “Lagos: Removido bloco instável de arriba da praia de Porto de Mós”, que dava conta da remoção, por parte das autoridades, de um bloco instável de uma arriba da praia de Porto de Mós, uma semana depois de uma derrocada registada na praia de Salema, Vila do Bispo, que não causou feridos. O bloco instável, que se encontrava a uma altura de cerca de 20 metros, foi detetado pela Polícia Marítima.

Nos jornais do município não é abordado o tema da erosão costeira, não tendo sido encontrada nenhuma notícia, nem sobre intervenções, nem sobre acidentes que tenham causado ou não danos.



Mapa.22. Suscetibilidade à erosão costeira e localização das notícias publicadas.

Capítulo 7. Suscetibilidade Costeira e o Ordenamento do Território

Avaliação da suscetibilidade costeira e o
Ordenamento do Território de Lagos.

Políticas atuais com influência no
ordenamento da Orla Costeira

Evolução da costa rochosa da área
em estudo e a ocupação do litoral

7.1. Avaliação da suscetibilidade costeira e o Ordenamento do Território de Lagos.

Um dos objetivos essenciais do ordenamento do território é o de garantir a sua utilização sustentável, maximizando os recursos que ele apresenta e minimizando os riscos que o afetam. O desafio prioritário do ordenamento do território é o de conseguir a interligação geográfica harmoniosa das atividades económicas, que sustentam qualquer sociedade e que criam a riqueza necessária para o bem-estar social, com o funcionamento dos sistemas naturais, que fornecem recursos imprescindíveis, mas que também, com a sua dinâmica, podem constituir situações de risco.

Nesta perspetiva, o ordenamento do território deverá “dar espaço” aos sistemas naturais para que se possam auto-renovar e auto-regenerar e manter as pessoas e seus bens afastados dos processos perigosos com incidência espacial, levando à diminuição do risco, ou seja, a adoção dos princípios da prevenção e da precaução, que estão na base do desenvolvimento sustentável de qualquer sociedade.

Os processos naturais, como por exemplo a erosão costeira, que são capazes de determinar desastres ou catástrofes, representam problemas sócio-económicos ou ambientais com repercussões territoriais ao nível do ordenamento do território e na implementação de políticas de proteção civil e segurança.

A avaliação do grau de suscetibilidade é uma parte essencial dos estudos a efetuar em litorais de arriba, uma vez que possibilitará a identificação e delimitação de setores críticos, definindo faixas de risco e contribuindo para um mais eficiente ordenamento do uso e ocupação do território.

A especialização da Região do Algarve na atividade turística balnear registada nos últimos 40 anos impôs novas formas de ocupação do território regional centradas numa litoralização do povoamento e num modelo linear da rede urbana regional. Lagos faz parte do sector costeiro do Algarve onde a ocupação humana é mais intensa, sendo muito numerosos os casos de edificação situados junto ao bordo das arribas. Muitos desses casos refletem a ausência de qualquer planeamento prévio e a falta de preocupação por parte da população e dos decisores.

O Plano Diretor Municipal de Lagos foi um dos primeiros a ser aprovado, na década de 90, e também um dos primeiros a perder a sua eficácia por via judicial, encontrando-se suspenso desde 2002. Após um longo e penoso processo, a Câmara Municipal de Lagos aprovou na sua reunião de 07/11/2012 a terceira Proposta de Plano Diretor Municipal (PDM), Relatório Ambiental e respetivos processos REN e

RAN. Os documentos carecem da apreciação e parecer da Comissão de Acompanhamento, entidade que é presidida pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, em representação da Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU).

A ausência de um PDM eficaz no município poderá constituir um grande obstáculo ao desenvolvimento local, porque, no atual contexto de competitividade territorial, o investimento privado tende a dirigir-se para locais onde a morosidade dos processos é menor e os territórios são mais eficazmente geridos pelos instrumentos de gestão territorial. Como não existe um PDM legal, o município de Lagos rege-se pelas indicações do PROT Algarve, um documento que não tem competências no ordenamento do território municipal, mas sim no desenvolvimento local e regional.

Estes problemas de planeamento e ordenamento do território podem traduzir-se no aumento do risco para a população, turistas e empresários. Uma análise da suscetibilidade do litoral tem uma grande importância na definição de novas, e aperfeiçoamento das já existentes, políticas de ordenamento do território, pois define as zonas onde que a população pode ocupar ou não, tendo como principais objetivos manter a população mais segura e proteger as áreas naturais.

As questões ambientais e de conservação da natureza apresentam-se cada vez mais um tema importante nesta região, tanto mais se se tiverem em conta as situações de conflito geradas no concelho de Lagos, pela ocupação intensiva do território *versus* a necessidade de preservar áreas de sensibilidade ambiental.

7.1.1. Políticas atuais com influência no ordenamento da Orla Costeira, aplicadas na área em estudo.

A legislação que atua na esfera direta e indireta das zonas costeiras é diversa e caracterizada pela acumulação de diplomas justapostos produzidos em diversas épocas, evidenciando características de uma abordagem fragmentada resultante de diversas e diferentes perspetivas sectoriais.

As ferramentas de planeamento e ordenamento do território, com incidência na área em estudo, são de vários níveis: PEOT – Planos Especiais de Ordenamento do Território que compreendem os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) que integram os princípios das Cartas de Risco Litoral; de nível regional temos o PROT – Planos Regionais de Ordenamento do Território; PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território que compreendem os PDM – Planos Diretores Municipais e PU – Planos de Urbanização.

O Plano de Ordenamento da Orla Costeira entre Burgau e o molhe poente da marina de Vilamoura tem a natureza de regulamento administrativo e é ajustado com os planos municipais e intermunicipais de ordenamento de território, bem como os programas e projetos a realizar na sua área de intervenção.

O POOC Burgau/Vilamoura foi aprovado em 1999, portanto encontra-se no final do seu horizonte temporal. No entanto, ainda se encontram em processo de elaboração vários planos de praia para o município de Lagos. O POOC Burgau/Vilamoura integra uma área de elevado interesse turístico, por isso este plano reveste-se de grande importância para a preservação e salvaguarda da orla costeira, bem como para a definição dos usos e ocupação do solo. Os objetivos do POOC são os seguintes: “ordenar os diferentes usos e atividades específicos da orla costeira, classificar as praias e regulamentar o uso balnear, valorizar e qualificar as praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos, defender e preservar a natureza e defender e valorizar os recursos naturais e o património histórico e cultural”.

Neste plano são definidas áreas a sujeitar a planos específicos, que constituem Unidades Operativas de Planeamento e Gestão (UOP), entre elas estão: a Ponta da Piedade, a praia D. Ana e a Meia Praia do concelho de Lagos.

Acerca do UOP 1 – Ponta da Piedade, o documento determina que “esta UOP deve ser objeto de um projeto específico com base num programa previamente acordado entre as entidades com jurisdição na área que defina o tratamento e utilização do espaço, tendo em vista a sua valorização e enquadramento natural e paisagístico. Nesta área deve ser condicionado o acesso ao estacionamento de veículos, tendo em conta a sensibilidade da zona, e deverão ser definidos e valorizados percursos pedonais e zonas de estada e postos panorâmicos. Admite-se a instalação de equipamento de apoio aos visitantes, exclusivamente com funções de informação, restauração de pequena e média dimensão e instalações sanitárias”.

UOP 2 – D. Ana – “Esta UOP deve ser objeto de estudos específicos com vista a proceder-se à alimentação artificial do areal e à realização de ações de proteção e estabilização das arribas, por forma a garantir a segurança de pessoas e bens e o uso balnear da praia. Complementarmente, deverá ser realizado um projeto de arranjo de praia que estabeleça as formas de ocupação e uso balnear, assim como os acessos e circulações e o tratamento paisagístico das arribas e áreas adjacentes. Enquanto não se encontrar garantida a segurança de pessoas e bens e o uso balnear da praia, é interdita a utilização do seu acesso poente, devendo a Direção Regional do Ambiente - Algarve delimitar e assinalar as zonas de risco no areal”.

No que diz respeito ao litoral rochoso são definidas três tipos de faixas de proteção de arribas que devem ser delimitadas tendo em consideração as suas características

geológicas, a salvaguarda da estabilidade da arriba, as áreas mais suscetíveis a movimentos em massa nas vertentes, incluindo desabamentos ou queda de blocos, a prevenção de riscos A APA, IP - ARH do Algarve procedeu à colocação de placas de risco nas praias do concelho de Lagoa, onde foram identificadas faixas de risco das arribas máximo para o mar, segundo a definição anterior, como forma de informar e sensibilizar os utentes dessas zonas balneares.

- **Faixa de risco máximo para terra**, medida a partir do bordo superior da arriba, para terra;

- **Faixa de proteção para terra**, considerada para além da faixa referida anteriormente;

- **Faixa de risco máximo para o mar**, medida a partir da crista da arriba e definida em função da altura da arriba (h). Esta faixa corresponde à área passível de ser ocupada pelos resíduos de desmoronamentos e tem largura igual a 1.5 vezes a altura da arriba.

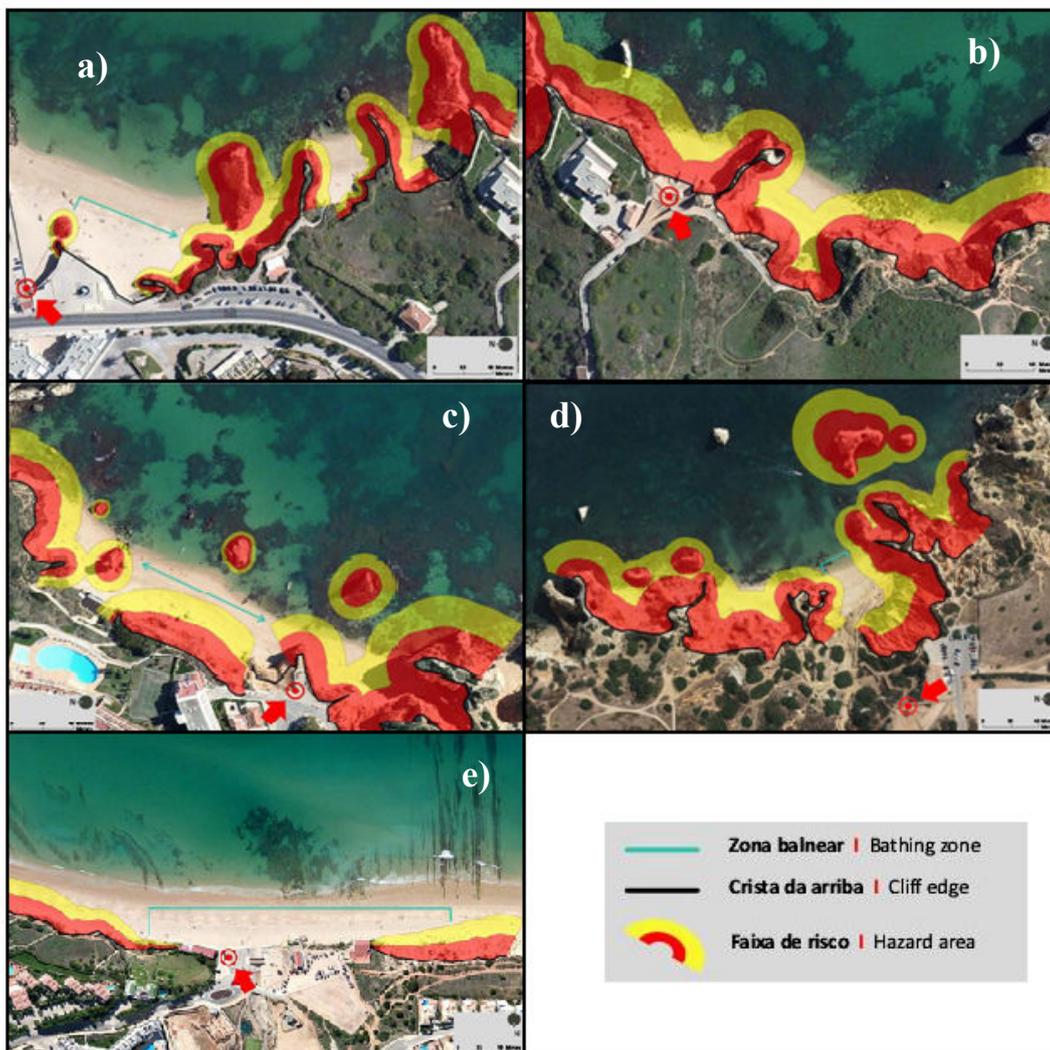


Fig. 15. Faixa de risco máximo para o mar: a) Praia da Batata; b) Praia do Pinhão c) Praia Dona Ana d) Praia do Camilo e) Praia de Porto Mós (fonte: <http://www.apambiente.pt>)

O POOC define ainda os condicionamentos a que a utilização da faixa de risco máximo para o mar está sujeita: interdição da instalação de apoios de praia, equipamentos ou infra – estruturas portuárias, salvo se dispuserem de um carácter sazonal e vistoria técnica, realizada pela entidade competente para o efeito, que comprove não existir perigo; sinalização, para conhecimento dos utentes, das áreas de risco; interdição do uso de áreas críticas, suscetíveis de serem atingidas por escorregamentos, desmoronamentos ou abatimentos eminentes.

Conclui ainda que as dimensões das faixas de risco e de proteção poderão ser aferidas em função de conclusões obtidas através de estudos concretos que se refiram aos aspetos geológicos, geomorfológicos e evolutivos das arribas.

Além desta secção que destina as faixas de proteção de arribas, o POOC Burgau/Vilamoura dedica a Secção I - “Dos espaços naturais de arribas” que integra o Capítulo II (Dos Espaços Naturais) deste documento. Esta secção é constituída por dois artigos: o Artº 19 Âmbito e objetivos: “1 – Os espaços naturais de arribas são constituídos por zonas particularmente sensíveis do ponto de vista ecológico, ambiental, paisagístico e geomorfológico, incluindo as arribas e faixas superiores associadas. 2 - Os condicionamentos a que ficam sujeitos estes espaços têm como objetivos a proteção do coberto vegetal e da paisagem e a preservação das arribas”

E o Artº20 define as atividades interditas nas arribas: abertura ou consolidação de vias de acesso automóvel ou de áreas de estacionamento, salvo se se destinarem a serviços de segurança, emergência ou a serviços específicos de apoio e manutenção da orla costeira; novas construções, incluindo piscinas, terraços ou outras superfícies impermeabilizadas ainda que afetas a edifícios residenciais, hoteleiros ou turísticos ou a equipamentos desportivos; construção de depósitos de água elevados para abastecimento público; instalação de painéis publicitários; instalação de campos de golfe ou de qualquer outra atividade que envolva regas intensivas.

Os POOC integram os princípios da Carta de Risco do Litoral (INAG), que é um documento elaborado pelo Instituto Superior Técnico a pedido do INAG (Instituto da Água), que define de forma sucinta o zonamento efetuado para todo o litoral português, distinguindo três zonamentos de diferentes níveis de riscos de avanço do mar: elevado, médio e baixo. Dada a extensão da costa portuguesa o CEHIDRO¹⁵ (1998) decidiu dividi-la, para efeito do traçado da Carta de Risco, em 10 trechos de características homogéneas do ponto de vista geomorfológico e aluvionar, trabalhando por células sedimentares costeiras. Entendeu que seria de proceder desta maneira

¹⁵ Centro de Estudos de Hidrossistemas do Instituto Superior Técnico

porque o fenómeno da erosão costeira está intimamente associado com caudal sólido litoral e o trânsito sedimentar. Este documento teve o objetivo de completar os mapas do POOC, na medida em que identifica rigorosamente os territórios litorais ameaçados pelo mar (CEHIDRO, 1998).

De acordo com CEHIDRO (1998), as “zonas de risco” são considerados territórios costeiros que tecnicamente possam ser considerados ameaçados pelo mar e onde se verifica ou prevê erosões que conduzem à perda irreversível do território. Assim sendo, estas cartas devem ser entendidas como cartas de suscetibilidade costeira às ações do mar, dado que o seu traçado não é condicionado pelo uso que se faz dos territórios costeiros, nomeadamente pela ocupação humana e pela existência de edificações.

A realização do zonamento das Cartas de Risco do Litoral é feita essencialmente baseada nos elementos de caracterização, ou seja, geomorfologia, geologia, orientação da linha da costa, altimetria, existência de proteções naturais, clima de agitação, história do local, tendências evolutivas, trabalhos de reconhecimento de campo e, por fim, conhecimento do local.

O PROT Algarve tem como uma das suas opções territoriais estruturantes a estruturação urbana, que pretende assegurar o policentrismo do sistema urbano regional, através do aumento da competitividade das cidades e das relações de complementaridade entre elas. A estratégia passa pela requalificação das áreas urbanas degradadas, valorização e dinamização dos Centros Históricos, contenção da construção excessiva na área costeira e criação de uma estrutura urbana ecológica eficaz. No Município de Lagos está em vigor o Plano de Urbanização da Meia Praia e o Plano de Urbanização da Luz encontra-se em elaboração. Estes dois planos revelam-se essenciais para a estruturação dos espaços turísticos e das atividades relacionadas.

O Plano Diretor Municipal de Lagos, como foi referido anteriormente, apesar de ter sido aprovado na década de 90, perdeu a sua eficácia por via judicial, encontrando-se suspenso desde 2002. No dia 16 de julho de 2014 a Câmara deliberou, na sua reunião pública, aprovar uma nova Proposta do Plano Diretor Municipal (PDM).

O Plano de Urbanização de Lagos visa prosseguir o equilíbrio da composição urbanística através dos seguintes principais objetivos: apoiar uma política de desenvolvimento que permita a utilização dos recursos naturais e humanos, sem que tal coloque em causa o seu equilíbrio ambiental, económico e social, servir de instrumento de referência da implantação do Tecnopólis, definir e estabelecer os princípios e regras para a ocupação, uso e transformação do solo, de modo a

promover a sua adequação às potencialidades do local, estabelecer a disciplina da edificabilidade que permita preservar os valores naturais, urbanísticos, paisagísticos e patrimoniais, fornecer indicadores para a elaboração de outros Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), servir de enquadramento à elaboração de Planos de Atividades do Município, servir de enquadramento à elaboração dos PMOT necessárias à execução do Plano.

Neste plano salienta-se como risco intrínseco à cidade de Lagos, a tendência do alastramento urbano para zonas ecologicamente mais sensíveis. E mostra alguma preocupação em reestabelecer o equilíbrio entre as zonas urbanas e áreas naturais: “A atividade turística, à semelhança do que ocorre noutras áreas do Algarve, tem vindo a desempenhar um papel crescente e predominante na estrutura económica local, determinando a afetação dos usos do solo nas áreas urbanas e peri-urbanas. O presente Plano de Urbanização procurará propor um quadro evolutivo/prospetivo que seja favorável ao reequilíbrio entre crescimento urbano e desenvolvimento socio-económico, criando condições para uma melhor gestão das tensões do Planeamento Físico”.

Como podemos verificar, já existem alguns planos de ordenamento do território que mostram preocupação com a temática da erosão costeira, no entanto a regulação e o cumprimento destes planos fica muito aquém dos objetivos delineados. Um exemplo disso é o aumento da pressão nas zonas costeiras, apesar de haver planos e leis para impedir a construção e outras atividades nestas áreas, estas não tem sido cumpridas. Continua a ser mais rentável exercer pressão humana sobre as zonas costeiras, por serem áreas extremamente atrativas em termos ambientais, culturais e recreativos e fornecerem simultaneamente muitos bens de fácil renovação.

7.1.2. Aplicação dos documentos em vigor nas áreas mais suscetíveis à erosão costeira do litoral rochoso do concelho de Lagos

Os aglomerados do Burgau, Luz e Lagos estão sujeitos a planos municipais de ordenamento do território em vigor ou em elaboração, os quais definiram a área de intervenção, delimitada na planta de ordenamento do PDM Lagos e estabeleceram/estabelecem a regulamentação para a alteração do uso do solo nesses perímetros.

As áreas menos ocupadas com edificação e não planeadas na sua globalidade situam-se entre Burgau e a Luz com frente de cerca de 2.000 m e entre a Luz e Lagos com frente com cerca de 2.500 m.

Estas áreas contêm vazios em termos de edificação, que integram corredores ecológicos e constituem os espaços que vão estruturar a imagem de enquadramento dos valores naturais e construídos para os quais deverão ser desenvolvidas ações de potenciação desses valores e minimização das situações de risco.

Desta forma, o Município de Lagos enquadra no âmbito do PDM de Lagos a criação de um gabinete de gestão e articulação das ações a desenvolver na área costeira do território do concelho de Lagos, nomeadamente na observação das orientações do PROT Algarve, designadamente a delimitação das faixas costeiras constituídas pela margem e zona terrestre de proteção (0-500 m) e retaguarda da zona terrestre de proteção (500-2.000 m), pelos PMOT do Burgau, Luz, Lagos e Meia Praia e pelo POOC entre Burgau e Vilamoura.

7.2. Evolução da costa rochosa da área em estudo e a ocupação do litoral

A evolução das arribas litorais resulta de processos erosivos atuantes à escala do afloramento, cujos efeitos são apenas perceptíveis a longo prazo, e dos movimentos em massa nas vertentes. Este facto tem necessariamente consequências na ocupação humana e na utilização da faixa costeira com arribas, que dizem respeito à segurança de pessoas e bens, à conservação, e utilização de infraestruturas e de edificações, ao tratamento de situações de perigo iminente e à preservação da paisagem natural.

A análise integrada de todos estes aspetos transcende em parte o domínio técnico e científico, pois é também condicionada por fatores de ordem económica, jurídica e sociológica, em evolução constante com o desenvolvimento das sociedades humanas (MARQUES, 1997).

A problemática associada a evolução da costa rochosa têm particular relevância no concelho de Lagos, pela intensa e crescente ocupação da faixa costeira, essencialmente ligada ao turismo.

O concelho de Lagos preservava ainda, em termos regionais, uma diversidade notável de paisagens naturais, em grande medida, fruto da menor influência dos fenómenos de massificação turística ocorridos em outros concelhos da região algarvia, mas nos últimos anos verificou-se uma grande expansão das áreas urbanas destinadas a fins turísticos.

A ocupação do litoral não foi, em geral regulada por planeamento prévio, por isso não é surpreendente, o elevado número de situações de perigo induzidas por fenómenos de instabilidade de arribas.

Atualmente, apesar da crise financeira e imobiliária, a pressão urbanística sobre o litoral mantém uma tendência crescente, o que motiva choques de interesses entre as autoridades responsáveis pelo licenciamento de obras e os proprietários de terrenos e empreendimentos.

A definição de zonas de maior ou menor suscetibilidade costeira pode ser importante na definição de medidas de prevenção e de tratamento de situações de risco, e de faixas de proteção ou de perigo, onde as intervenções sejam sujeitas a restrições. Embora também seja necessário considerar critérios não diretamente ligados à geologia, que incluem os horizontes temporais de validade das medidas de ordenamento, a ocupação atual dos locais e as opções para o uso do território.

Tendo em conta os resultados da avaliação da suscetibilidade da área em estudos expostos anteriormente, a propagação dos perímetros urbanos e as políticas de ordenamento do território podemos tirar as seguintes conclusões:

- ✓ É preocupante a propagação dos perímetros urbanos em zonas mais suscetíveis a erosão costeira. As áreas com maior suscetibilidade à erosão costeira em arribas no concelho de Lagos coincidem com áreas mais urbanizadas e esta situação deve ser tomada em conta no planeamento e ordenamento do território;
- ✓ A maioria dos movimentos de massa registados por Fernando Marques em 1997 coincidem com as zonas mais urbanizadas da zona costeira de Lagos.
- ✓ As deficiências do planeamento urbano na área em estudo têm contribuído para o aumento de bens e pessoas em perigo.
- ✓ A tendência do desenvolvimento futuro do concelho de Lagos é cada vez mais a excessiva procura e ocupação do litoral. Por este motivo é importante a avaliação da suscetibilidade da área para o planeamento e ordenamento do território.

Capítulo 8. Considerações Finais

Conclusões

Proposta e medidas

A evolução das arribas litorais resulta de processos erosivos atuantes à escala local (do afloramento, da arriba, da vertente), cujos efeitos são apenas perceptíveis a longo prazo. Esta situação decorre também e, sobretudo, tem consequências na ocupação humana e na utilização dos terrenos das faixas costeiras rochosas, que dizem respeito à segurança de pessoas e bens, à conservação de infraestruturas e de edificações, ao tratamento de situações de perigo eminente e à preservação da paisagem natural. O ordenamento e planeamento destas áreas depende da análise de todos estes aspetos sendo apoiados por conhecimentos do domínio técnico e científico, ainda que condicionados por fatores de ordem económica, jurídica e sociológica.

A problemática associada à evolução das arribas tem particular relevância na região do Algarve, devido à intensa e crescente ocupação da faixa costeira, essencialmente ligada à expansão do turismo, que constitui a principal atividade económica da região. A falta de planeamento prévio na ocupação do litoral contribui para um elevado número de situações de perigo induzidas por fenómenos de instabilidade de arribas.

Assim, o estudo da suscetibilidade do litoral rochoso das zonas costeiras torna-se fundamental para a definição de boas estratégias de planeamento e ordenamento do território, permitindo uma melhor capacidade de tomada de decisão nas áreas onde o risco já se encontra instalado.

8.1. Conclusões

Lagos, situado na faixa costeira ocidental do Algarve meridional, constitui a sub-unidade territorial designada por Barlavento Litoral, juntamente com os concelhos de Vila do Bispo e Aljezur.

Em termos geológicos, a área em estudo pode ser dividida em dois setores diferentes: um caracterizado por arribas talhadas predominantemente em formações de idade cretácica, onde a litologia é essencialmente carbonatada, frequentemente margosa ou gresosa que surge a SW do concelho e se estende até um pouco a leste da praia de Porto de Mós; outro, delimitado um pouco a oriente da praia de Porto de Mós até a SE da linha da costa, talhada em rochas de idade miocénica, com litologia variada, nomeadamente calcários, calcarenitos e siltitos.

Em termos climáticos a costa de Lagos corresponde a um clima mediterrânico sub-húmido seco e é uma área caracterizada por ventos de leste ou sueste, que

apresentam variações de intensidade diárias características, atingindo os valores mais elevados durante a manhã, frequentemente da ordem de 30km/h a 40km/h.

Em termos humanos é uma área caracterizada por uma ocupação intensa e uma grande procura turística, o que resultou num aumento significativo das áreas urbanas, sendo muito numerosos os casos de edificação situadas junto ao bordo das arribas.

Para avaliar a suscetibilidade do litoral rochoso de Lagos foram selecionados, em função das observações de campo, os fatores condicionantes, julgados com maior incidência na suscetibilidade à erosão: litologia, fracturação, uso do solo, altura das arribas, declive, proteção do sopé e a atitude das camadas. Através da análise individual destes fatores pode concluir-se que:

- **Litologia:** o grau mais elevado (5) atribuído a areias soltas, grosseiras, avermelhadas e com matriz silto-argilosa, de idade plio-pleistocénica, corresponde à área compreendida entre o Norte da praia D. Ana e a cidade de Lagos, que é uma das áreas do concelho com o uma malha urbana mais intensa;
No entanto o grau 4 (elevado) atribuído às Margas da Luz (Aptiano) que compreendem argilas, siltitos e margas e a formação de Margas e Calcários de Porto Mós, corresponde a área entre a Praia da Luz e a Praia de Porto Mós, uma área caracterizada por sistemas culturais e parcelares complexos, não urbanizada.
- **Fracturação:** as áreas onde a fracturação pode contribuir para uma maior instabilidade das arribas, são a área compreendida entre a Praia de Porto Mós e Lagos e as áreas a oeste e a este da Praia da Luz.
- **Atitude das camadas:** a área onde a atitude das camadas mais pode contribuir para a instabilidade das arribas, apresentando um inclinação no mesmo sentido do talude ou paralela ao talude, é entre a Praia do Canavial e a Praia da Batata, no sector Este da área em estudo.
- **Altura das arribas:** A maioria da zona costeira de Lagos é constituída por arribas altas, superiores a 25 metros, com exceção da zona a oeste da praia da Luz onde encontramos arribas mais baixas.

- **Declive:** Pelo menos à escala 1/25000, utilizada para a cartografia dos declives, não existem grandes variações de declives no litoral rochoso de Lagos, que no geral não apresenta declives acentuados.

A soma dos índices atribuídos a cada fator em cada elemento da malha, tendo em conta o coeficiente de ponderação, resultou no mapa de suscetibilidade (para a realização deste foi utilizado o método de Natural Breaks (algoritmo de Jenks)), onde verificamos que, de um modo geral as áreas com nível muito elevado e elevado que merecem uma maior atenção por parte das entidades públicas e da população são a área da praia da Luz, Praia de Porto de Mós e a área costeira da cidade de Lagos.

Analisando o mapa que resultou deste estudo, as áreas que apresentam maiores níveis de suscetibilidade são área urbanizada, que tem crescido muito nos últimos anos devido à atividade turística. Ao longo do trabalho de campo foi possível ver fendas, blocos em situação de queda e alguns sinais de movimentos em massa nas arribas, em zonas balneares, localizadas maioritariamente na área urbana de Lagos, que põem em risco o grande número de utentes que frequentam estes espaços como este caso na Praia da Batata, localizada na área urbana de Lagos (Fig16).



Fig.16. Fenda perigosa na arriba da Praia da Batata

Na comparação deste mapa com os movimentos de vertente registados por Fernando Marque (1997) nesta área conclui-se que de maneira geral estes movimentos coincidem

com áreas de suscetibilidade média, elevada ou muito elevada a exceção da área da Praia D. Ana.

A exceção da Praia D. Ana é explicada pelos resultados do fator litologia, pois neste estudo, (tendo em conta a carta geológica 1/50 000 52-A Portimão), foi dado o grau 2, onde o suporte litológico das arribas é essencialmente constituído por biocalcarenitos da Formação Carbonatada de Lagos-Portimão.

No que diz respeito à importância dada pelas entidades públicas responsáveis pelo ordenamento do território verifica-se o aumento da preocupação com as áreas costeiras, já existem alguns planos de ordenamento do território que abordam este tema, no entanto a regulação e o cumprimento destes planos fica muito aquém dos

objetivos delineados. Continua a existir uma grande pressão nas zonas costeiras, apesar de haver planos e leis para impedir a construção e outras atividades nestas áreas, estas não tem sido cumpridas, pois apesar de a legislação proibir a construção em zonas de risco, não tem abrandado a consolidação, densificação e extensão das áreas construídas na zona costeira, frequentemente de uma forma caótica e sem respeito por regras essenciais de segurança.

8.2. Proposta de medidas baseadas nas conclusões obtidas

A espacialização da suscetibilidade à erosão costeira é importante para o desenho de modelo territorial de ordenamento. No final deste trabalho pode-se confirmar que existe hoje um conjunto alargado de instrumentos comunitários e do nível jurídico interno que enquadram os impactes relacionados com a erosão costeira: POOC - Planos de Ordenamento da Orla Costeira; PROT – Planos Regionais de Ordenamento do Território; PMOT – Planos Municipais de Ordenamento do Território; PDM – Planos Diretores Municipais e PU – Planos de Urbanização.

O Caderno Técnico Provic nº15¹⁶, “Riscos Costeiros - Estratégias de prevenção, mitigação e proteção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território”, estabelece que o planeamento espacial deve caracterizar-se por: identificar zonas que são reconhecidas no campo; propor um zonamento tão simples quanto praticável; minimizar, tanto quanto possível, a interferência nas atuais atividades e nos direitos de usos tradicionais; identificar os tipos de usos ou atividades a eliminar em todas as áreas de proteção; minimizar os conflitos, através da delimitação territorial, “buffers” de transição e acordos entre os exploradores dos recursos; evitar transições bruscas entre áreas protegidas e áreas sem proteção; procurar que o zonamento terrestre seja consistente e esteja de acordo com o zonamento estuarino e marinho; identificar as espécies e os habitats prioritários, dando especial atenção a espécies em risco e a locais de alimentação e de reprodução.

Com a conclusão deste estudo foi possível definir como áreas mais suscetíveis à erosão costeira, a Praia de Porto Mós, Praia do Canavial, Praia D. Ana e a área costeira da cidade de Lagos. Estas áreas merecem maior atenção por parte das entidades responsáveis pelo ordenamento do território e pela segurança pública do concelho de Lagos.

Após definidas estas áreas conclui-se que é necessário determinar medidas para diminuir a pressão causada pelas atividades características destas zonas balneares

¹⁶ Cadernos Técnicos elaborados para Autoridade Nacional de Proteção Civil

associadas maioritariamente ao turismo, para proteger os utentes de possíveis movimentos de vertente e para conservar as características naturais da área.

Com as conclusões obtidas neste trabalho e com as observações durante o trabalho de campo podemos determinar algumas medidas a ser tomadas para minimizar os futuros danos causados pela erosão costeira nesta região.

Uma das maiores preocupações que surge são as grandes construções em cima das arribas. Estas devem ser afastadas, tanto quanto possível da linha de costa, a ocupação urbana próxima do litoral deve ser desenvolvida, preferencialmente, em forma de “cunha”, ou seja, estreitar na proximidade da costa e alargar para o interior do território. Deve-se também localizar o estacionamento de apoio atrás das zonas de praias.

Outras medidas que podem ser tomadas são a interdição do acesso a locais de suscetibilidade muito elevada, através de barreiras físicas e leis regulamentares; Remoção de blocos e sub-taludes em níveis instáveis de rochas brandas e/ou morfológica e estruturalmente instáveis, adequando o perfil das arribas às zonas de segurança e aos usos nas proximidades do topo e do sopé; estabilizar artificialmente as arribas com muros de suporte em betão, principalmente em arribas que tenham edificação densa nas proximidades; proceder a demolições em áreas de elevada suscetibilidade e em áreas interditas à ocupação humana; podem ser feitas também campanhas públicas para sensibilizar a população e turistas que frequentam as áreas para a questão da erosão costeira e seus perigos.

Algumas destas medidas foram implementadas recentemente em alguns setores da área em estudo, principalmente no que diz respeito a remoção de blocos instáveis, o que mostra a crescente preocupação com a erosão costeira nesta região.

Referências Bibliográficas

AGAPITO, Dora Lúcia Miguel, *A imagem de Lagos enquanto destino turístico: perspetiva dos turistas versus perspetiva dos residentes*. Tese de Mestrado de Marketing, Universidade do Algarve, Faro 2010

ANDRADE, César, VIEGAS, Ana Luísa, TOMÉ, Ana Maria Boleo, ROMARIZ, C. *Erosão do Litoral Cenozóico do Algarve*. GEOLIS – Vol III, fasc. 1 e 2 (1989) 261-270.

ARAÚJO, Maria de Assunção, *Programa de Geomorfologia Litoral*. Porto

ARAÚJO, Maria de Assunção, *A Zona Costeira de Portugal*

AREDE, Catarina de Castro, *Validação de metodologia de classificação de riscos costeiros às acções energéticas do mar: aplicação ao trecho Caminha-Espinho*. 2008, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro;

BASTO, Cacilda da Mota Freitas Pinto, *Vulnerabilidade e Risco face à Erosão Costeira entre Aguda-Paramos: Duas Metodologias de análise*. Tese de Mestrado Universidade de Coimbra Faculdade de Letras, 2009

BIRD, E., *Submerging coasts. The effects of a rising sea level on coastal environments*. John Wiley & Sons, Chichester, 1992

BORGES, Paulo, LAMEIRAS, Goreti, CALADO, Helena, *A erosão costeira como fator condicionante da sustentabilidade*. 2º Congresso Lusófono de Ciência Regional, 3º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza.

COELHO, C. (2005). Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Tese de Doutoramento (não publicada). Universidade de Aveiro, 404 p.

COSTA, Filipa, *Instabilidade em Arribas Costeiras*, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto 2012, Tese de Mestrado

COUTINHO, Pedro, ALCOBIA, Sónia, JESUS, Carlos, Avaliação de Risco no Litoral e Previsão de Impactes Ambientais: casos de estudo, 4ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes, 2010

CUNHA, Lúcio e DIMUCCIO, Luca (2002). Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra. *Territorium*, 9, 22p.

DAUPHINÉ, André (2001) – Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Armand Colin, Coll. U, Paris.

DIAS, J. M. Alveirinho. *Evolução Geomorfológica das Arribas do Algarve*. 3º Congresso do Algarve 19-22 Janeiro 1984

DIAS, J. M. Alveirinho, *Aspetos geológicos do litoral Algarvio*, Geonovas, Lisboa Vol 10, p.113-128. (1988)

DIAS, J. M. Alveirinho. *Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa*. 1993

DIAS, J. M. Alveirinho. *Portugal e o Mar: Importância da Oceanografia para Portugal*. 2003 Faro

DIAS, J. M. Alveirinho, *Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos Antrópicos e Naturais*. Revista Encontros Científicos Universidade do Algarve. Escola Superior de Gestão Hotelaria e Turismo, nº1, 2005

GABRIEL, S. MOURA, D, FERREIRA, Ó. PACHECO, A. MATIAS, A. JACOB, J. PERREIRA, H. Plataformas litorais: papel na proteção das arribas da costa sul Algarvia (primeira abordagem), VIII Congresso Nacional de Geologia 2010

GIRÃO, Amorim. *Geografia de Portugal*. 1960 Porto

Instituto de Meteorologia (2004). Caracterização Climática da Costa.

JULIÃO, Rui (2009) – *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal*, Edição Autoridade Nacional de Proteção Civil, Lisboa.

LEMA, Paula; REBELO, Fernando. *Geografia de Portugal: Meio Físico e Recursos Naturais*. 1996 Lisboa

LOURENÇO, L. Riscos Naturais e Proteção do Ambiente, Coletâneas Cindínicas, vol I, 2004

MATILDES, Rita, Detecção Fotogramétrica de Movimentos em Arribas Costeiras e Gestão do Inventário num Sistema de Informação Geográfica, Universidade de Lisboa 2009. Tese de Mestrado

MATTA, Milton, Geologia Estrutural, UFPCG

MARQUES, Fernando, ALMEIDA, I.M, *Evolução de Arribas Litorais no Miocénico Algarvio e Riscos Geológicos associados*, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências de Lisboa.

MARQUES, Fernando, ANDRADE, C, *Evolução de Arribas Litorais e Atividade Humana: um caso particular no Algarve Ocidental*, Geolis, Vol. VI, fasc. 1 e 2 pag 111-120 (1992)

MARQUES, Fernando. *As arribas do Litoral do Algarve: Dinâmicas, processos e mecanismos*. 1997 Lisboa, Tese de Doutoramento

MARQUES, Fernando, ROMARIZ, C. *Suscetibilidade à Erosão Costeira do Litoral da Península de Peniche (Estremadura – Portugal)*. GEOLIS, - Vol. III, fasc. 1 e 2 (1989) 212-222.

MOREIRA, M. E. S. A. *Glossário de termos usados em Geomorfologia litoral*. 1984 Lisboa

OLIVEIRA, Sérgio; DIAS, Alveirinho, CATALÃO, João; *Evolução da Linha da Costa no Algarve, variação recente das taxas de recuo de médio prazo no troço costeiro do Forte Novo – Garrão (Oriente de Quarteira)*;

OLIVEIRA, Sérgio Manuel Cruz de , *Evolução Recente da Linha de Costa no Troço Costeiro Forte Novo – Garrão (Algarve)*, FCUL, Setembro 2005;

OLIVEIRA, Sérgio Manuel Cruz, CATALÃO, João, SOUSA Célia, DIAS, J. Alveirinho. *Aplicação de Técnicas Fotogramétricas e Ambientes SIG no Estudo do Recuo da Linha da Costa – Área do Forte Novo-Trafal, Algarve*. Finisterra, XXXVIII, 76, 2003, pp. 35-49.

PENACHO, Nunes Duarte Chaves, *Caracterização, evolução e análise de suscetibilidade à ocorrência de instabilidade das arribas do Arco Baleal – Bom Sucesso (Peniche-Óbidos)*, 2012, Lisboa, Tese de Mestrado

PERREIRA, Carla, *Riscos de Erosão para Diferentes Cenários de Evolução do Litoral de Aveiro*, Universidade de Aveiro, 2010, Tese de Mestrado

PERREIRA, Ana Ramos, *Sistemas Litorais: Dinâmicas e Ordenamento*. Fenisterra XLIII, 86, 2008, PP.5-29;

PINTO, Celso Aleixo; VINHAS, André, *Gestão de riscos costeiros em litoral de arriba: Planeamento e medidas de gestão operacional*. Artigo científico.

REBELO, Fernando, *Riscos Naturais e Ação Antrópica*. Estudos e Reflexões, 2^a ed., Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2001

REBELO, Fernando. *Geografia Física e Riscos Naturais*. 2010 Coimbra

ROCHA, R. B., RAMALHO, M. M., ANTUNES, M. T., COELHO, A.V.P, *Notícia Explicativa da folha 52-A Portimão*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa 1983

SUNAMURA, Tsuguo, *Geomorphology of rocky coasts*, 1992

SCUDELARI, Ada Cristina, BRAGA, Kércyo Gurgel, JÚNIOR, Olavo Francisco dos Santos. *Desenvolvimento de uma Checklist para estudo da erosão costeira em Falésias*. Revista de Geologia, Vol. 20, nº2, 157-169, 2007

Planos e Documentos Legais:

Plano Diretor Municipal de Lagos

Plano Estratégico do Município de Lagos

Plano de Ordenamento da Orla Costeira Burgau/Vilamoura

Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve

Plano de Urbanização de Lagos

Plano de Urbanização da Luz

Plano de Urbanização da Meia Praia

Sites:

<http://www.ine.pt>

<http://georden.blogspot.pt>

<http://www.arhalgarve.pt>

<http://www.cima.ualg.pt/cimaualg/>

<http://www.cm-lagos.pt>

<http://www.ualg.pt/home/>

<http://geo.algarvedigital.pt/index.aspx>

<http://www.apambiente.pt/>

<https://sites.google.com/site/cemallagos/home>

<http://www.prociv.pt>

<http://www.forum.pt/blogue/as-arribas.html>

<https://www.ipma.pt/pt/index.html>

<http://www.prot.ccdr-alg.pt/>

<http://www.regiao-sul.pt>

<http://www.jn.pt/paginainicial/>

<http://www.dn.pt>

<http://www.cmjornal.xl.pt/>

<http://www.publico.pt/>

<http://www.jornaldoalgarve.pt/>

<http://www.barlavento.pt/>

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/investigacao/cehidro>

<http://www.eurosion.org/>

<http://www.lneg.pt>

<http://www.ccdr-alg.pt/site/info/observatorio-das-dinamicas-regionais>

<https://estudogeral.sib.uc.pt>

<http://www.igeo.pt/>

<http://www.arhtejo.pt>

<http://www.aprh.pt>

<http://www.cima.ualg.pt>

<http://www.algarvedigital.pt>