

A alimentação artificial como medida de redução do risco em praias suportadas por arribas rochosas na costa do Barlavento (Algarve, Portugal)

Sebastião Braz Teixeira^a

RESUMO

O turismo baseado no produto “sol e praia” é a principal atividade económica da região do Algarve. Parte considerável das praias da costa do Barlavento corresponde a areais encaixados, acumulados no recorte irregular de arribas (falésias) rochosas cortadas em calcarenitos do Miocénico. A utilização balnear de praias suportadas por arribas determina a existência de perigo para os seus utentes (usuários) dado que uma fração do areal se acumula em faixas potencialmente atingidas pelos detritos de eventual desmoronamento das arribas. A alimentação artificial de praias é uma das possíveis intervenções de mitigação do perigo para os utentes das praias suportadas por arribas rochosas na medida em que diminui a frequência da incidência direta das ondas na base das arribas e, aumentando a área de areal, fomenta o afastamento dos utentes do sopé das arribas. Com o propósito de reduzir o risco associado à geodinâmica das arribas foi executada alimentação artificial em seis praias encaixadas no Barlavento, em 2014 (Carvoeiro, Benagil, Nova, Cova Redonda, Castelo e Coelha). No presente artigo apresentam-se os resultados da variação da ocupação anual dos areais de duas praias (Nova e Cova Redonda) repartida pelas áreas dentro e fora das faixas de perigo das arribas ao longo da década 2006-2016. Os dados da ocupação foram obtidos através de contagens executadas ao longo de todo o ano, sem qualquer distinção etária, no período antes e após a intervenção de alimentação artificial. Os resultados atestam inequivocamente a reação natural dos utentes ao enchimento da praia, traduzido na migração natural da ocupação no sentido do plano de água, resultando no afastamento das áreas do areal contidas nas faixas de perigo das arribas. Na sequência da intervenção, a ocupação das faixas de perigo elevado e moderado reduziu muito significativamente, de 92% para 17% na praia Nova e de 44% para 12% na praia da Cova Redonda. Os resultados mostram que a intervenção de alimentação artificial executada nas praias Nova e Cova Redonda, em 2014, produziu redução muito significativa da ocupação das faixas de perigo em ambas as praias e o incremento para o quádruplo da ocupação no caso da praia Nova. Os resultados evidenciam a eficácia da opção de alimentação artificial como medida de redução do risco e a adequação deste tipo de opção numa região como o Algarve, muito dependente do turismo centrado na utilização do recurso praia.

Palavras-chave: alimentação artificial de praias, risco, arribas, Algarve, Portugal

^a Agência Portuguesa do Ambiente, Rua do Alportel 10, 8000-503 Faro, Portugal, Phone: 351-289-889000, Fax: 351-289-889099, E-mail: sebastiao.teixeira@apambiente.pt

* *Submission: 27 APR 2016; Peer review: 16 MAY 2016; Revised: 7 JUN 2016; Accepted: 25 JUN 2016; Available on-line: 26 SEP 2016*

This article contains supporting information online at http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-683_Teixeira_Supporting-Information.pdf



ABSTRACT

Beach nourishment as a hazard mitigation tool on beaches backed by rocky cliffs on the Barlavento Coast (Algarve, Portugal)

Tourism based on “sun and beach” is the main economic activity in the Algarve region. A considerable part of the beaches at the Barlavento coast corresponds to embedded sand accumulated in the irregular lacework coast line of rocky cliffs cut into Miocene calcarenites. The pattern of touristic occupation at the Algarve and the geodynamics of the rocky sea cliffs, reflected in the discontinuous and intermittent occurrence of slope mass movements produce the existence of risk to beach users at areas backed by rocky cliffs. The size distribution of slope mass movements runout ratio (the ratio between the radius of the base of cone of debris and the height of the movement) enables the definition of three cartographic hazard areas on beaches: the high hazard area (red zone) where if a slope mass movement occurs, the probability of being hit by debris is greater than 50%; the moderate hazard area (yellow area) where in the event of a slope mass movement occurs, the probability of being hit by debris is less than 50%; and the low hazard area (blue) where the probability of being hit by debris is less than 5%. Beach nourishment of pocket beaches provides extra area available for sunbathers out of the cliffs hazard zones. For purposes of mitigate the risk associated with the cliff geodynamics, artificial beach nourishment was executed in six pocket beaches on the Barlavento Coast, in 2014 (Carvoeiro, Benagil, Nova, Cova Redonda, Castelo and Coelha). In this paper we present and discuss the results of the beach nourishment and the occupation patterns on Nova and Cova Redonda beaches within the decade 2006-2016, before and after beach nourishment. Occupation data was obtained throughout different epochs in the year by counting the number of beach users without any distinction of age using periodic and systematic photographs taken at strategic points that provide full coverage of the beach areas. Before beach nourishment the area of dry sand at half-tide under average summer wave conditions outside high and moderate hazard zones was 0% at the Nova beach and 24% on the Cova Redonda beach. Beach nourishment executed in the subaerial beach allowed the extension of sand in 50m on Nova beach and Cova Redonda beach. After the first winter, following the natural adjustment of the beach profile, the width of the beaches was reduced by 19% and 40% respectively. After beach nourishment the area of dry sand at half-tide under average summer wave conditions outside high and moderate hazard areas was 48% at the Nova beach and 55% on the Cova Redonda beach. The results show that the reaction of users to the beach fill was their natural migration towards the water, moving out from the cliff hazard areas. After the intervention, the occupation of high and moderate hazard areas reduced very significantly, from 92% to 17% in Nova beach and from 44% to 12% in the Cova Redonda beach. This reduction contrasts with the low 2% reduction of the occupation of hazard areas on the beach of Senhora da Rocha, (no intervened), which was associated with enhanced hazard signaling performed in the same year. This study shows that beach nourishment is an effective measure to reduce the risk to users of beaches backed by rocky cliffs, and in the case of Algarve, is an appropriate hazard management tool.

Keywords: beach nourishment, hazard, rocky cliffs, Algarve, Portugal

1. Introdução

As praias encaixadas em litoral de arriba rochosa são muito procuradas pelos turistas que visitam o Algarve, a região de Portugal cuja economia gravita e depende do turismo centrado no produto “sol e praia”. Com vasta diversidade geomorfológica de enquadramento das praias, o sucesso original do turismo de praia do Algarve está associado à beleza natural das pequenas praias encaixadas, acumuladas nas reentrâncias do recorte irregular das arribas rochosas amarelas cortadas em calcarenitos do Miocénico da costa do Barlavento algarvio.

Pelo seu enquadramento geomorfológico, estas praias são normalmente de pequenas dimensões, com capacidade de carga muito reduzida. A intensa procura no verão e a reduzida dimensão dos areais promovem a ocupação intensiva destas praias até ao sopé das arribas, em áreas de perigo que potencialmente podem ser atingidas pelos detritos de qualquer movimento de massa. Em 21 de agosto de 2009 ocorreu tombamento de um leixão na praia Maria Luísa (fig.1a) de que resultou a morte de cinco pessoas e ferimentos noutras três (Marques e

Andrade, 2009; Teixeira, 2009a). Desde então, a entidade gestora do litoral (atualmente a Agência Portuguesa do Ambiente) tem vindo a reforçar a sinalização de risco, visando alertar os utentes dos perigos decorrentes da geodinâmica das arribas. Foi desenvolvida rede de sinalética implantada em todos os acessos às praias suportadas por arribas rochosas, que pretende informar os utentes sobre as zonas de perigo, passíveis de serem atingidas pelos detritos de movimentos de massa e, portanto, potencialmente suscetíveis de causar danos graves a quem permaneça nessas zonas (Teixeira, 2014). Prosseguindo o objetivo de mitigação do risco para os utentes das praias associado à geodinâmica natural das arribas, entre Agosto e Outubro de 2014 foi executada intervenção de alimentação artificial em seis praias encaixadas da costa do Barlavento: Carvoeiro, Benagil, Nova, Cova Redonda, Castelo e Coelha (fig.1a), resultando no alargamento do areal entre 30 m e 50 m. Esta obra, promovida pela Agência Portuguesa do Ambiente, implicou investimento global de 2,0 M€, envolveu a exploração de mancha de empréstimo de areias situada ao largo (fig.1a) e subsequente deposição de 338.000 m³ de areia grosseira naquelas seis praias.

Com esta intervenção pretendeu-se reduzir o risco para os utilizadores das praias, quer por via da redução muito significativa da incidência das ondas na base da arriba (componente geodinâmica), quer por via da promoção da utilização da praia em zona mais afastada da base das arribas (componente antrópica), diminuindo a exposição dos utentes ao perigo.

O presente artigo pretende descrever os resultados da obra de 2014 e avaliar em que medida foram atingidos os objectivos de prevenção do risco associado à geodinâmica natural das arribas nas praias Nova e Cova Redonda, utilizando como padrão de comparação a praia da Senhora da Rocha, localizada entre as duas e não submetida a qualquer intervenção (fig. 1b).

2. Caracterização da área de estudo

2.1. Enquadramento geológico

O traço dominante da morfologia do Barlavento é dado por arribas rochosas amarelas, com alturas variáveis entre 6 m e 40 m, talhadas em calcarenitos miocénicos, intensamente fraturados e carsificados, sobre os quais assenta uma cobertura plio-pleistocénica de areias argilosas vermelhas. Os contrastes de resistência dos materiais constituintes das arribas e a diversidade espacial das cavidades cársicas determinam um padrão de evolução do litoral muito irregular em planta, com modelado rendilhado, com profusão de leixões, arcos, furnas e algares, explorado como imagem de marca da paisagem do litoral do Algarve. O modelado recortado deste troço do litoral facilita a acumulação de dezenas de praias, com dimensões variáveis, algumas sem acesso por terra. A área de estudo corresponde a pequeno troço do litoral do Barlavento, com uma extensão de cerca de 1.5 km, que engloba as praias Nova, a poente, Senhora da Rocha e Cova Redonda, a nascente (fig.1b). Estas praias, individualizadas por esporões rochosos naturais, contêm areais de pequenas dimensões, acumulados sobre a plataforma de abrasão das arribas. Em condições de tempestade coincidentes com marés de águas vivas, o espraio das ondas varre a totalidade do areal, incidindo na base das arribas (fig. 2).

A praia Nova, contida entre dois promontórios, é suportada por arriba subvertical, elevando-se 22 m acima do areal. Com frente de mar de 300 m, antes da intervenção o areal desta praia era muito reduzido, com largura média de cerca de 20-25 m, sendo constituído pela acumulação de areias grosseiras $D_{50}=0.65 \phi$ (0.73 mm), com teor de carbonatos de 30-50% (Teixeira, 2009). Com desenvolvimento longilitoral, esta praia é sensível a alterações do rumo da ondulação incidente, acusando migração do areal para nascente, sob agitação marítima de SW e para poente, quando submetida à ondulação de SE (Teixeira, 2009). O pontal que delimita a praia a nascente tem comprimento de cerca de 100 m e atinge a

profundidade de 5 m, abaixo do nível médio do mar (≈ 2 m acima do plano convencional do Zero Hidrográfico, referência hidrográfica utilizada em Portugal). A praia da Senhora da Rocha, com frente de mar de 150 m, contida entre pontais salientes, tem um areal com uma configuração planar semi-circular, com largura média de 60 m, a meia maré. Face ao encaixe desta praia, a rotação do areal em função do rumo da agitação marítima é menos pronunciada da que se verifica na praia Nova. Na zona central da praia o perfil apresenta berma bem desenvolvida, articulada com face da praia com declive médio de $7,3^\circ$. O perfil de praia acusa oscilações do areal que não excedem 16 m de largura, sobre o plano do nível médio do mar. Com desenvolvimento longilitoral numa frente de 230 m, a praia da Cova Redonda tem morfologia idêntica à morfologia da praia Nova, com largura da praia de cerca de 30-40 m. A evolução sazonal do areal traduz-se na oscilação da largura da praia em cerca de 10m, mantendo a praia tipicamente uma face com inclinação média de $7,3^\circ$. O pontal natural que retém a praia a nascente tem comprimento de cerca de 75m e mergulha até profundidade de 3.5m abaixo do nível médio do mar.

2.2. Enquadramento climático e oceanográfico

A região do Algarve situa-se no extremo sudoeste da Europa, com clima mediterrâneo típico, com verões secos e invernos amenos (fig.3). A precipitação anual atinge 500-600 mm, 80% da qual concentrada no semestre húmido (outubro-março). O número médio anual de dias de chuva não ultrapassa 75 dias e no semestre seco (abril a setembro), em termos médios, não se registam mais de 18 dias de chuva (fig.3). Entre 15 de maio e 15 de outubro a temperatura média ultrapassa $20^\circ C$, atingindo $25^\circ C$ nos meses de julho e agosto (fig.3). O regime de agitação marítima é moderado, com altura significativa média anual da ondulação de 1m (Costa *et al.*, 2001). A ondulação de tempestade ($H_s \geq 2.5$ m) ocorre quase exclusivamente durante o semestre húmido.

O rumo da ondulação na costa sul do Algarve é marcadamente bimodal, com prevalência das ondas com rumos do quadrante W (52.3%) e SW (18.3%). Os rumos de E e SE representam cerca de um quarto das ocorrências e estão associados ao vento de E, gerado na zona do estreito de Gibraltar (Pires, 1989). Desta dissimetria do rumo da agitação marítima resulta em saldo potencial de transporte sedimentar por via da deriva litoral, de W para E. O regime de maré é semi-diurno com amplitude média de maré de 2 m, atingindo 3 m em marés de águas-vivas e 3.5 m em marés de águas-vivas equinociais. De acordo com os dados registados na bóia de Faro, desde 2001, pelo Instituto Hidrográfico (disponíveis em <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>), durante a época balnear (junho a setembro) a temperatura da água do mar mantém-se acima de $18^\circ C$, atingindo valores até $24^\circ C$ em agosto e setembro.

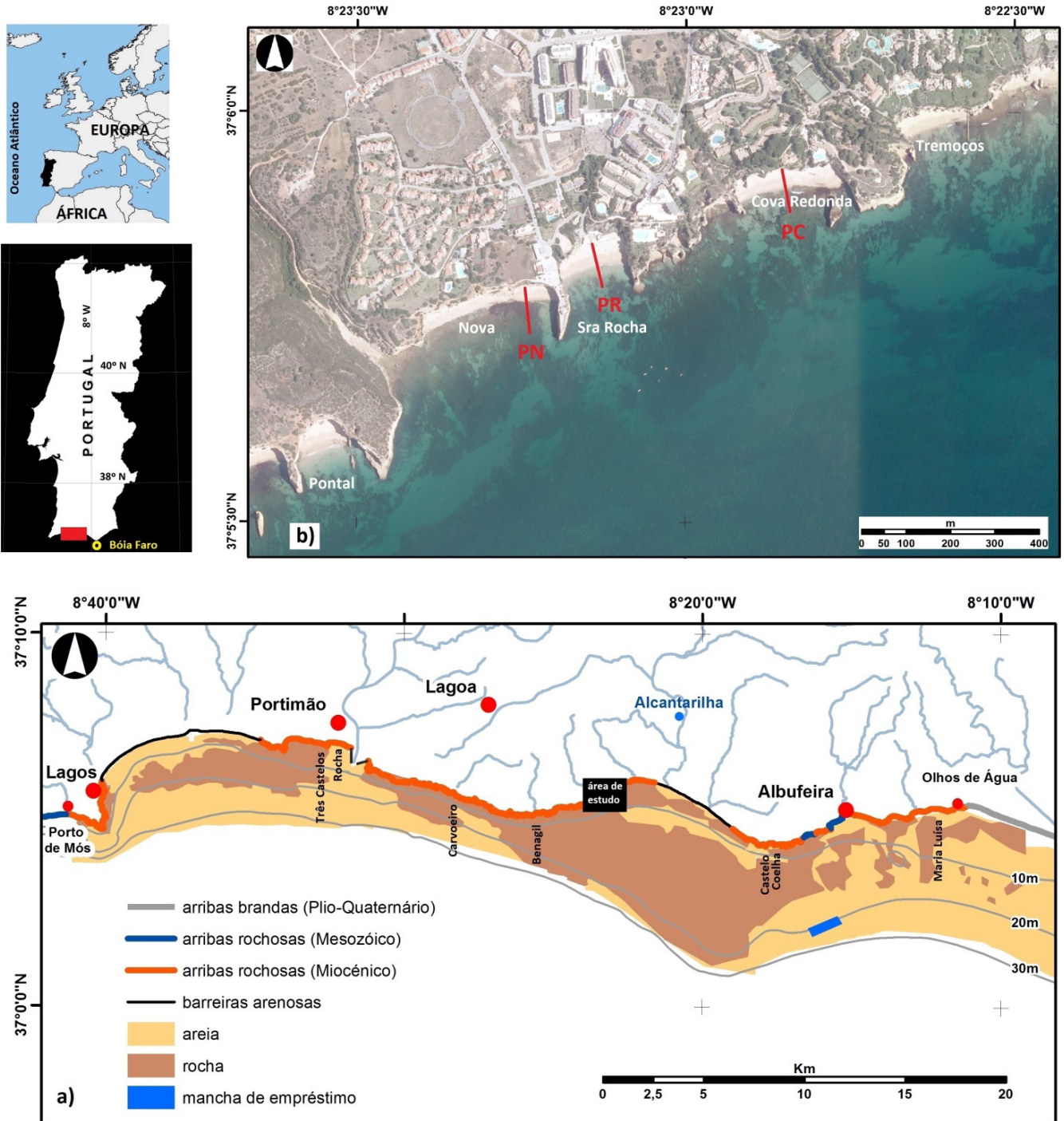


Figura 1 – Enquadramento da área de estudo. a) Geomorfologia da zona costeira do Barlavento do Algarve. Principais localidades assinaladas com círculos vermelhos, estação meteorológica de Alcantarilha assinalada com círculo azul. Localização das praias mencionadas no texto. Área da mancha de empréstimo utilizada na alimentação artificial assinalada a azul. b) Localização dos perfis de controlo das praias: PN – praia Nova, PS- praia Senhora da Rocha; PC, praia da Cova Redonda. (ortofotografia de 2012).

Figure 1 – Geographical setting of the study area. a) Geomorphology of the coastal area of Barlavento Coast. Main cities (red circles); Alcantarilha meteorological station (blue circle); Area of dredging site used for beach nourishment (blue). b) Control profile location.: PN – Nova beach; PS – Senhora da Rocha beach; PC – Cova Redonda beach (aerial orthophotograph 2012).



Figura 2 – Praia Nova, Senhora da Rocha e Cova Redonda em baixa-mar (BM) média, sob condições de agitação marítima média (painel esquerdo); em preia-mar de águas-vivas (PMAV), sob agitação marítima de tempestade (painel central); em preia-mar de águas-mortas (PMAM); sob condições de agitação marítima típicas do verão (painel direito).

Figure 2 – Nova, Senhora da Rocha and Cova Redonda beaches at average low-tide (BM), under average wave conditions (left panel); at high spring tide (PMAV), under storm conditions (central panel); at high tide on neap tide (PMAM), under average summer wave conditions (right panel).

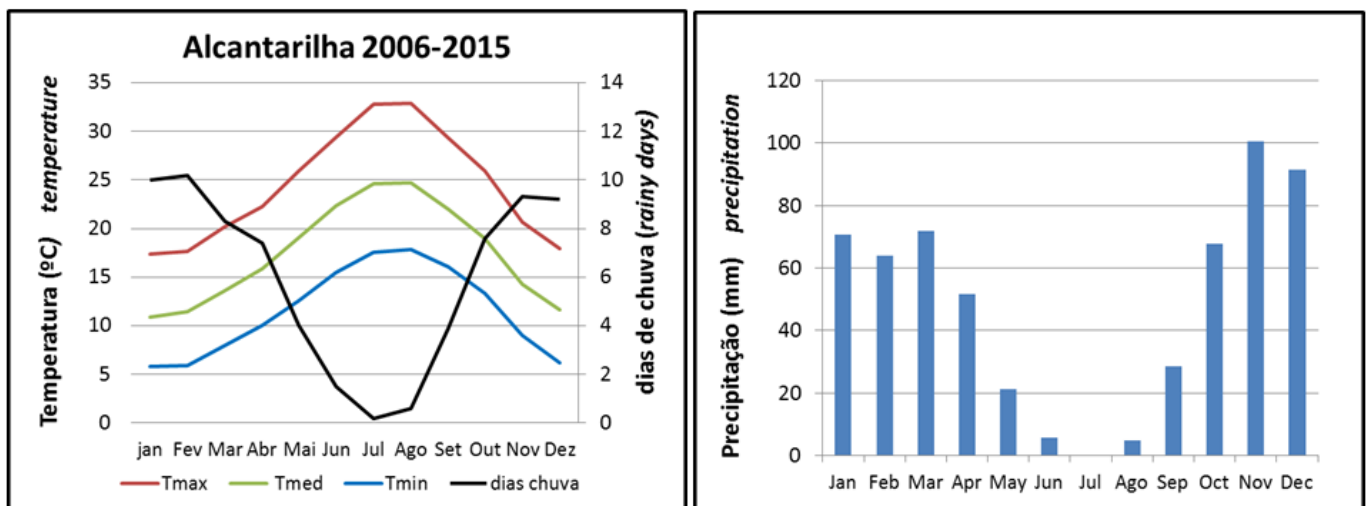


Figura 3 – Distribuição anual da precipitação e temperatura na década 2006-2015, registada na estação de Alcantarilha (localização na fig. 1a). Dados disponíveis em <http://www.drapalg.min-agricultura.pt>.

Figure 3 -. Annual distribution of precipitation and temperature in the 2006-2015 decade. Data from the Alcantarilha station (location on fig.1a), available on <http://www.drapalg.min-agricultura.pt>.

2.3. Ocupação turística

As características climáticas naturais do Algarve permitiram, a partir da década de 1960, o desenvolvimento de economia regional assente no turismo, baseada no produto “sol e praia”, com uma forte componente sazonal, sendo agosto o mês de maior procura. A área de estudo está integrada na unidade morfológica do Barlavento do Algarve que corresponde à unidade central do Algarve, onde se concentra o núcleo da atividade turística da região. Ocupando apenas cerca de 30% do comprimento total da franja costeira do Algarve, o litoral do Barlavento acolhe 50% dos turistas que visitam ou utilizam as praias da região.

As dormidas nos estabelecimentos hoteleiros constituem um indicador da procura turística da região, cujas estatísticas estão disponíveis em <http://www.turismodeportugal.pt>. Utilizando esse proxy verifica-se que a evolução da ocupação dos estabelecimentos hoteleiros no Algarve na última década revela o efeito da crise económica global de 2009 traduzido na diminuição das dormidas. Entre 2006 e 2014 a amplitude da variação do indicador de dormidas no Algarve foi de 25%, com valores mínimos em 2009 e máximos em 2015 (fig.4). Em 2015, o valor de dormidas atingiu 116% do valor médio do período 2006-2014.

3. Perigo associado à geodinâmica das arribas

A evolução das arribas cortadas nos calcarenitos miocénicos do Barlavento processa-se segundo uma sequência descontínua e intermitente de movimentos de massa que se revestem de múltiplas formas, desde os grandes movimentos associados ao colapso de cavidades

cársicas, que podem deslocar dezenas de milhares de metros cúbicos, com recuos instantâneos locais de mais de uma dezena de metros, ao simples desprendimento de pequenos blocos decimétricos. Em média, anualmente 0.2% da frente costeira de 46 km de arribas cortadas em miocénico é afetada por movimentos de massa (Marques, 1994, 1997; Teixeira, 2006, 2014). Os produtos dos movimentos de massa acumulados na base das arribas são, regra geral, rapidamente remobilizados pela ação direta da ondulação, constituindo fonte sedimentar importante das praias, podendo permanecer no sopé das vertentes alguns blocos mais resistentes ou de maior dimensão, por períodos de décadas. Na última década, na área de estudo, foram registados 10 movimentos de massa com largura superior a 1 m (fig. A na SI-I), mobilizando volume de 4600 m³ e afetando frente de mar de 95 m. O movimento de maiores dimensões ocorreu em 29 de Novembro de 2014, promovendo recuo instantâneo máximo da crista da arriba de 7 m (fig. B na SI-I).

A geodinâmica natural das arribas e o modelo de ocupação turística do Barlavento determinam a existência de perigo para os utentes das praias. O regulamento do Plano de Ordenamento da Orla Costeira Burgau-Vilamoura (Resolução Conselho de Ministros nº 33/99, de 27 de abril) define especificamente a largura das faixas de risco para o mar, associadas à geodinâmica das arribas equivalente a 1.5x a altura da arriba rochosa. Com base na análise de mais de uma centena de movimentos de massa registados entre 1995 e 2014, Teixeira (2014) definiu tabela de perigosidade (de probabilidade de ocorrência) em função do afastamento à base da arriba. Os resultados então obtidos mostram que, na eventualidade de ocorrência de um movimento de massa, um utente repousando na

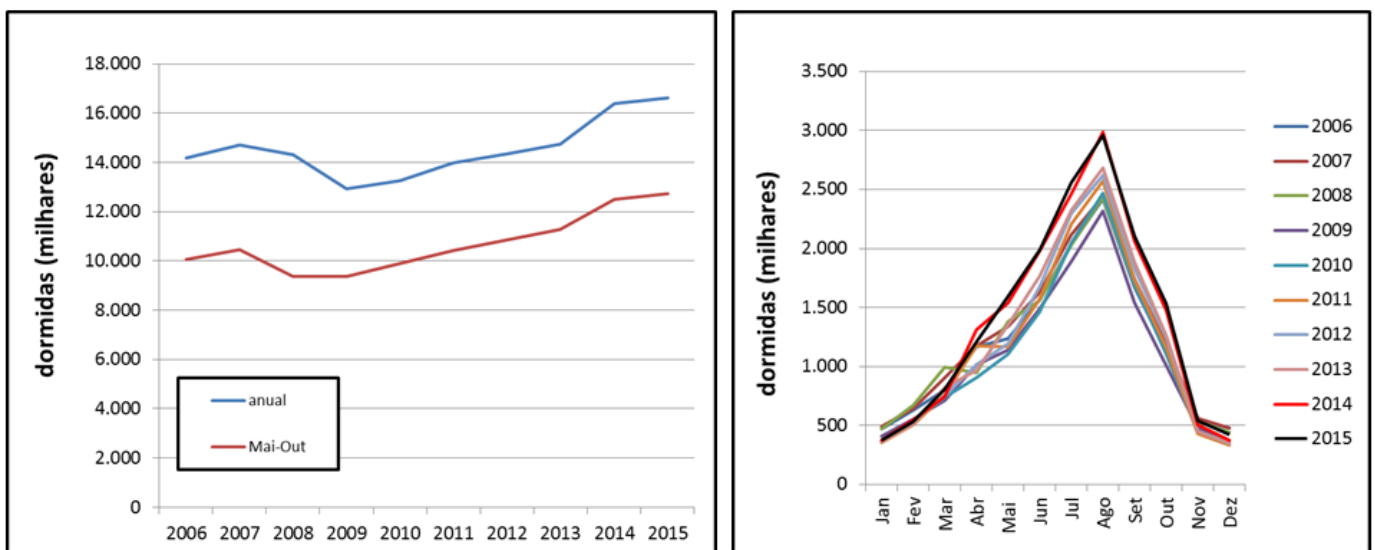


Figura 4- Evolução anual e mensal do nº de dormidas nos estabelecimentos hoteleiros, aldeamentos e apartamentos turísticos do Algarve na década 2006-2015. Dados de Turismo de Portugal, disponíveis em <http://www.turismodeportugal.pt>

Figure 4 – Annual and monthly evolution of the number of overnight stay (hotels, apartment hotels and tourist apartments) Data from Turismo de Portugal available on <http://www.turismodeportugal.pt>

areia de uma praia a uma distância superior a 0.86x a altura da arriba tem mais de 50% de probabilidade de não ser atingido pelos detritos gerados pelo movimento. Essa probabilidade sobe para 95% se a distância à base da arriba atingir 1.5x a altura da arriba. A partir destes resultados, a Agência Portuguesa do Ambiente elaborou cartografia de perigosidade em todas as praias suportadas por arribas rochosas do Algarve, sendo a informação colocada em painéis em todos os pontos de acesso às praias, (disponível em <http://www.apambiente.pt>).

A figura 5 reproduz a cartografia resultante dessa

informação nas praias Cova Redonda, Senhora da Rocha e Nova. Nessa cartografia individualizam-se duas faixas de perigo: a faixa vermelha (perigo elevado) corresponde à zona onde, na eventualidade de ocorrer desmoronamento, a probabilidade de ser atingida pelos detritos de rocha é superior a 50%. A faixa amarela (perigo moderado) cobre a área onde a probabilidade de ser atingida pelos detritos é inferior a 50%. Na área remanescente do areal não abrangida pelas duas faixas a probabilidade de ser atingida por detritos de eventual movimento de massa é inferior a 5%.

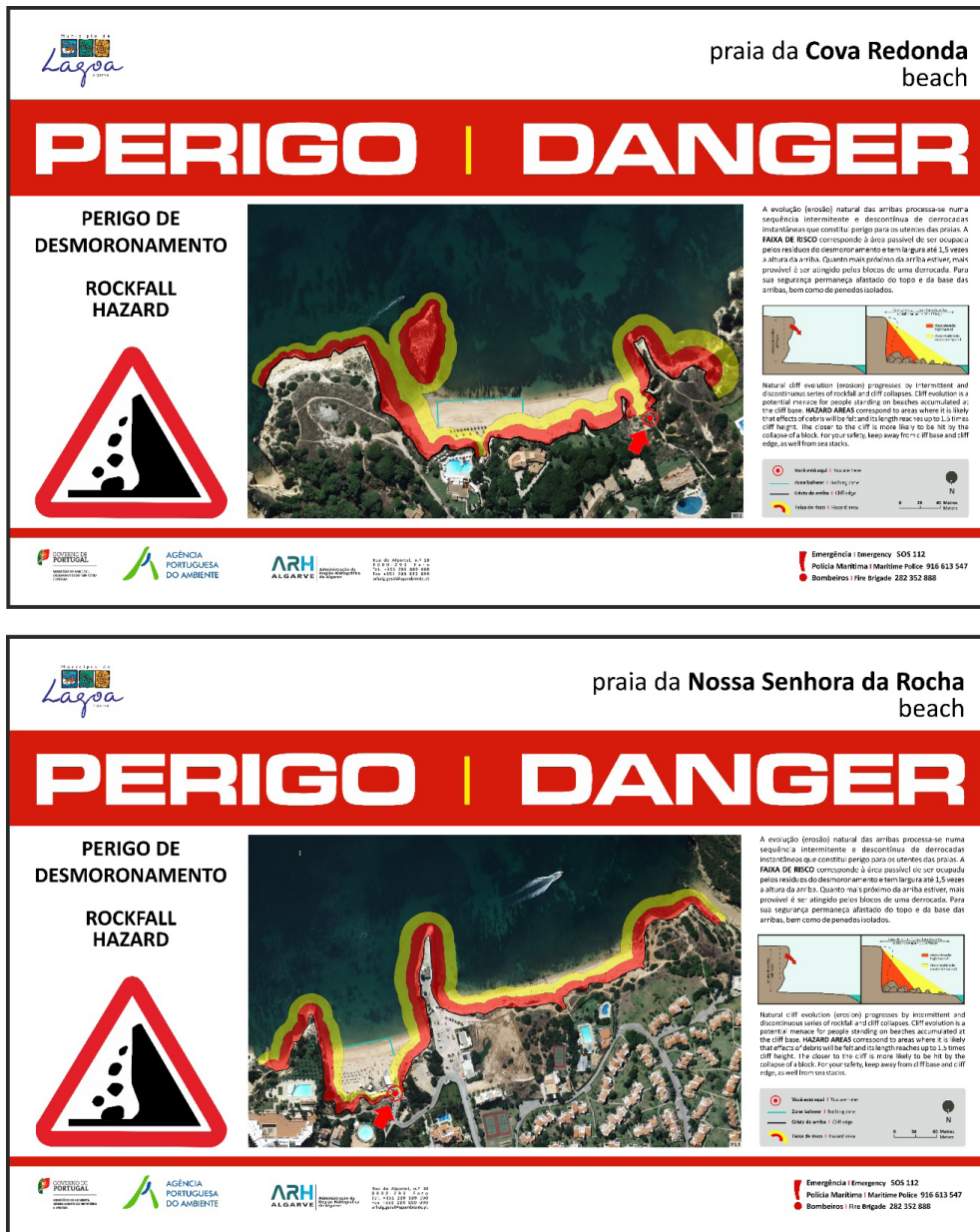


Figura 5 - Placas informativas das faixas de perigo, nas praias Cova Redonda, Senhora da Rocha e Nova.

Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=923>

Figure 5 – Sea cliff hazard signs of Cova Redonda, Senhora da Rocha and Nova beaches. Available on <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=923>

4. A alimentação artificial das praias

A alimentação artificial de praias é prática corrente em engenharia costeira, utilizada com objetivos diversos, seja o combate à erosão costeira (Van Rijn, 2011; Pinto *et al.* 2015), seja como medida preventiva do galgamento ou inundação (Hanson *et al.*, 2002, Gallien *et al.* 2015), ou visando o aumento da área disponível para os utilizadores da praia (Vera-Cruz, 1972), ou a melhoria do conforto dos utentes através da alteração da granulometria da areia (Anthony *et al.*, 2011).

A alimentação artificial das praias Nova e Cova Redonda decorreu entre agosto e setembro de 2014, quando foram depositados 157.200 m³ de areia, repartidos pelas praias Nova (90.000 m³) e Cova Redonda (67.200 m³), correspondente a uma densidade de enchimento de cerca de 300 m³/metro linear do comprimento da praia. A opção de alimentação artificial de praias assentou na deposição de areia diretamente na zona subaérea, na medida em que permite a utilização imediata da praia após a intervenção, apesar de implicar inevitáveis perdas decorrentes do subsequente reajuste do perfil de praia (Van de Graaff *et al.*, 1991). A experiência obtida em anteriores intervenções de alimentação artificial no Algarve mostra que no primeiro inverno após a deposição na zona subaérea o perfil de praia perde em média 25% da largura inicial após a conclusão da obra (Teixeira, 2011), pelo que os projectos de intervenção usualmente consideram sobrealimentação na zona subaérea da praia.

Na alimentação artificial foi utilizada mancha de empréstimo localizada ao largo (fig.1a), a profundidade de 20 m a 25 m, constituída por areias grosseiras com diâmetro médio de 1.0 mm ($D_{50}=0.0 \phi$), com teor médio de carbonatos de 25%, com calibre superior à das areias nativas das praias. No Barlavento do Algarve a alimentação artificial foi executada pela primeira vez na praia da Rocha em 1970 (Gomes e Weinholtz, 1971) e posteriormente, em 1998, nas praias dos Três Castelos e Tremeços (Teixeira, 2011). Nestes três casos, a alimentação artificial foi complementada com a construção de estrutura de retenção de areia (molhes ou esporões), como forma de assegurar a longevidade da alimentação artificial e minimizar as perdas longilitorais. No caso em estudo, nas praias alimentadas não foi feita qualquer estrutura de contenção, antecipando que o recorte indentado da costa e o encaixe das praias, contidas entre pontais salientes, servisse o efeito natural de retenção das areias depositadas de forma artificial.

5. Métodos

5.1. Ocupação das praias

No sentido de proceder à avaliação da ocupação das praias da área de estudo foi utilizada vasta série de fotografias obtidas em locais que permitem a cobertura

integral do areal e com definição suficiente que possibilite a contabilização da totalidade das pessoas presentes quer no areal, quer no plano de água associado, incluindo os utentes a banhos, no momento da obtenção da fotografia. Além das fotografias obtidas em pontos estratégicos em terra, foram também utilizadas as fotografias obtidas no âmbito das campanhas de monitorização da costa, quer as fotos aéreas oblíquas obtidas a bordo de aeronave, quer as fotos obtidas a bordo de embarcação. Uma vez que a intervenção de alimentação artificial foi executada em 2014, já no período de recuperação da atividade turística (fig. 4), e no sentido de absorver as alterações dos padrões de ocupação das praias do Algarve associados às oscilações da actividade económica, optou-se por utilizar os dados anteriormente à alimentação artificial por um intervalo mais largo, cobrindo o período pré, durante e pós crise económica global (2006-2014).

As fotografias obtidas durante o intervalo temporal de uma década, entre maio de 2006 e maio de 2016, repartidas por todo o ano, cobrem o intervalo horário entre as 8h00m e as 20h00m. No período anterior à intervenção de alimentação artificial (2006-2014), as fotografias foram obtidas de forma aleatória, determinadas pelas campanhas regulares de monitorização da evolução da costa. Após a intervenção houve um esforço maior de recolha de informação, concentrado na época balnear, por forma a caracterizar quer o efeito da alimentação artificial, quer o padrão sazonal de ocupação das praias.

As três praias em análise têm orientação longitudinal, sendo limitadas por pontais rochosos com direção próxima de N-S, enquadramento que implica a existência de sombra nos areais nas primeiras horas do dia e no final da tarde. Desta circunstância física, aliada ao usual padrão da prática balnear, resulta que no semestre entre maio e outubro a utilização das praias seja sobretudo concentrada entre as 10h30m e as 18h30m. Assim, para uniformizar a informação no período anterior e posterior à intervenção de alimentação artificial das praias, foram utilizadas as fotografias obtidas nos dias de semana entre as 10h30m e as 18h30m entre maio e outubro, e nos restantes meses, as fotografias obtidas no intervalo entre duas horas após o nascer do sol e duas horas antes do pôr do sol. Este conjunto de informação utilizada traduz-se num total de 603 observações (quadro I na SI-II).

Perante o recorte quase linear em planta e face à pequena variação altimétrica do topo das arribas, as faixas de perigo correspondem aproximadamente a bandas paralelas à base das arribas. A delimitação das faixas de perigo sobre as fotografias foi feita assumindo esse padrão linear, tomando como referências auxiliares pontos específicos para delimitar os limites das faixas, utilizados sistematicamente em todas as observações. Em cada fotografia analisada foi contabilizado o número total de utentes, repartidos por três grupos, consoante a sua localização relativamente às faixas de perigo das

arribas: o grupo que ocupa a faixa de perigo máximo (faixa vermelha), o grupo que ocupa a faixa de perigo moderado (faixa amarela) e o grupo que ocupa a área fora das faixas anteriores (risco baixo). O número de pessoas contabilizadas inclui todas as faixas etárias, incluindo crianças.

5.2. Perfis e levantamentos topohidrográficos

O levantamento periódico e sistemático de perfis de praia de controle num vasto conjunto de praias do Algarve é rotina da Agência Portuguesa do Ambiente (e dos organismos responsáveis pela gestão costeira que a antecederam) desde 1997. O levantamento periódico de perfis teve início em 2001, nas praias Nova e Senhora da Rocha e, em 2012, na praia da Cova Redonda. Os perfis de praia são realizados em locais constantes, no areal seco da praia subaérea com extensão condicionada pela altura da maré mas atingindo sempre cota +2m (ZH). Os levantamentos topohidrográficos utilizados no presente estudo correspondem aos levantamentos realizados no âmbito da obra de alimentação artificial das praias (escala 1:2000), antes (julho 2014), após (setembro 2014) e um ano após a intervenção (julho 2015).

6. Resultados e discussão

6.1. Alimentação artificial das praias

As oscilações do perfil de praia monitorizado na praia Nova, localizado no terço nascente da enseada (fig.1b), mostram que antes da alimentação artificial a amplitude da variação da largura da praia (medida sobre a curva +2m-ZH) atingia 40 m, cerca do dobro da largura média da praia (23 m) (fig.6). Apesar da magnitude das oscilações do areal, o perfil da praia mantinha-se essencialmente constante, exibindo apenas o elemento face da praia, com inclinação de 0,13 (7.4°). O enchimento da praia Nova produziu uma praia com um acréscimo imediato de 50m de largura, superior à largura total das faixas de risco elevado e moderado, associadas à geodinâmica das arribas. Após o primeiro Inverno, a largura média da praia atingiu 63 m, a que corresponde uma diminuição da largura da praia de 19%. Após o segundo inverno a largura média da praia era ainda de 64m, o que atesta a estabilidade das dimensões do areal. A evolução do perfil desta praia acusa a oscilação, anteriormente identificada, com uma face da praia com declive médio de 7° e com oscilação anual da largura de cerca de 15 m. Na praia da Senhora da Rocha, não submetida a qualquer alimentação, o perfil de praia manteve-se com a oscilação sazonal identificada na década anterior, mas os perfis de praia obtidos no segundo ano após a alimentação das praias contíguas mostram aparente reforço. Esta observação, que deverá ser acompanhada de perto no futuro próximo sugere que esta praia poderá ter já capturado uma fração

da areia depositada na praia Nova. No perfil da praia da Cova Redonda, com largura média de 34 m antes da alimentação, o enchimento do areal possibilitou aumento imediato da largura para 82 m. Após o primeiro inverno, na sequência do reajustamento da areia às dimensões do encaixe da praia, a largura média atingia 63 m, traduzindo-se na redução de 40%, relativamente ao enchimento inicial. Após o segundo inverno, a largura média da praia é de 58 m, o que equivale a perda de 50% da alimentação artificial realizada em 2014. Apesar do sucessivo encurtamento do areal, o perfil da praia mantém-se essencialmente invariante, com face de declive de 7°. A diferença de perdas de areia nas praias Nova e Cova Redonda no período após a alimentação artificial mostra que a mobilização da areia tem componente longilitoral considerável e que os pontais que limitam as praias a nascente têm capacidade diferente de retenção dos sedimentos em trânsito por efeito da deriva litoral. O pontal nascente da praia da Cova Redonda, que mergulha a 3.5m abaixo do nível médio do mar é menos eficaz na retenção de areia do que o pontal da praia Nova, que mergulha aos 5m abaixo do nível médio do mar.

Com base nos levantamentos topográficos executados em julho de 2014 e em julho de 2015, previamente e após a alimentação artificial, foram calculadas as áreas de areal existentes nas três praias de estudo e avaliado o espaço disponível para os utentes, sob condições de agitação marítima média de verão ($H_s=0.5$ m), em condições de baixa-mar média, meia maré e preia-mar média. Utilizando as equações desenvolvidas por Teixeira (2009b) para o cálculo do espraio da onda na costa sul do Algarve, verifica-se que nas três praias, com declives muito similares, a altura do espraio das ondas atinge aproximadamente 1 m acima do plano de água da maré. Assim, foram calculadas as áreas do areal seco limitadas pelas curvas de 2 m (ZH), para a baixa-mar média, 3 m (ZH) para a meia maré e 4 m (ZH) para a preia-mar média. Esta informação foi cruzada com a cartografia das faixas de perigo, considerando-se, além das duas faixas de perigo elevado (vermelha) e perigo moderado (amarela), uma terceira faixa que contém o areal remanescente. Esta terceira faixa de perigo (baixo - azul) corresponde à área do areal onde, na eventualidade de ocorrer movimento de massa das arribas, a probabilidade de ser atingida pelos detritos é inferior a 5% (Teixeira, 2014).

Os resultados mostram que antes da alimentação artificial, na praia Nova, face à pequena largura da praia, a maior parte do areal seco estava incluído nas faixas de perigo máximo (fig.7) e moderado, pelo que os seus utentes só estavam salvaguardados desse perigo quando a tomar banho (fig.5). A meia maré, todo o areal seco estava contido nas faixas de perigo (fig.7). Nas mesmas condições de maré, na Cova Redonda a área do areal seco disponível fora das faixas de perigo máximo e moderado era de apenas 24%, percentagem que se

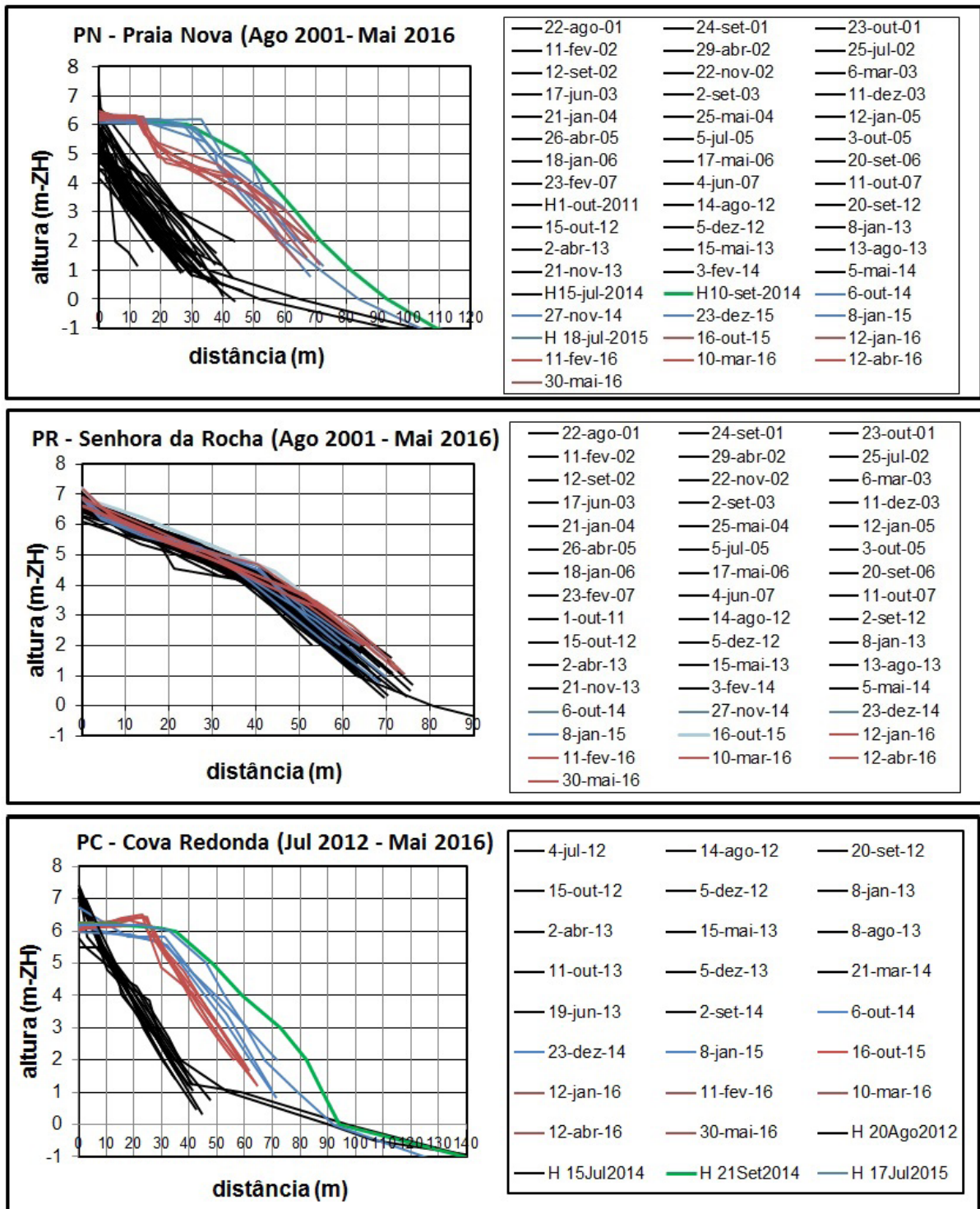


Figura 6 - Variação dos perfis da Praia Nova, Senhora da Rocha e Cova Redonda (localização na figura 2). Ordenadas em metros referentes ao Zero Hidrográfico (ZH), plano convencional localizado cerca de 2 m abaixo do nível médio do mar. Perfis antes da alimentação artificial (a negro), após a alimentação artificial (verde), no primeiro ano após o enchimento (azul) e no segundo ano após o enchimento (vermelho).

Figure 6 – Variation of cross-shore profiles on Nova, Senhora da Rocha and Cova Redonda beaches (location on fig. 1d). Y-axis (m) relative to Hydrographic Zero datum (ZH), Portuguese conventional plan lying ≈ 2 m below mean sea-level. Before beach nourishment (black), after beach nourishment (green); first year after beach nourishment (blue); second year after beach nourishment (red).

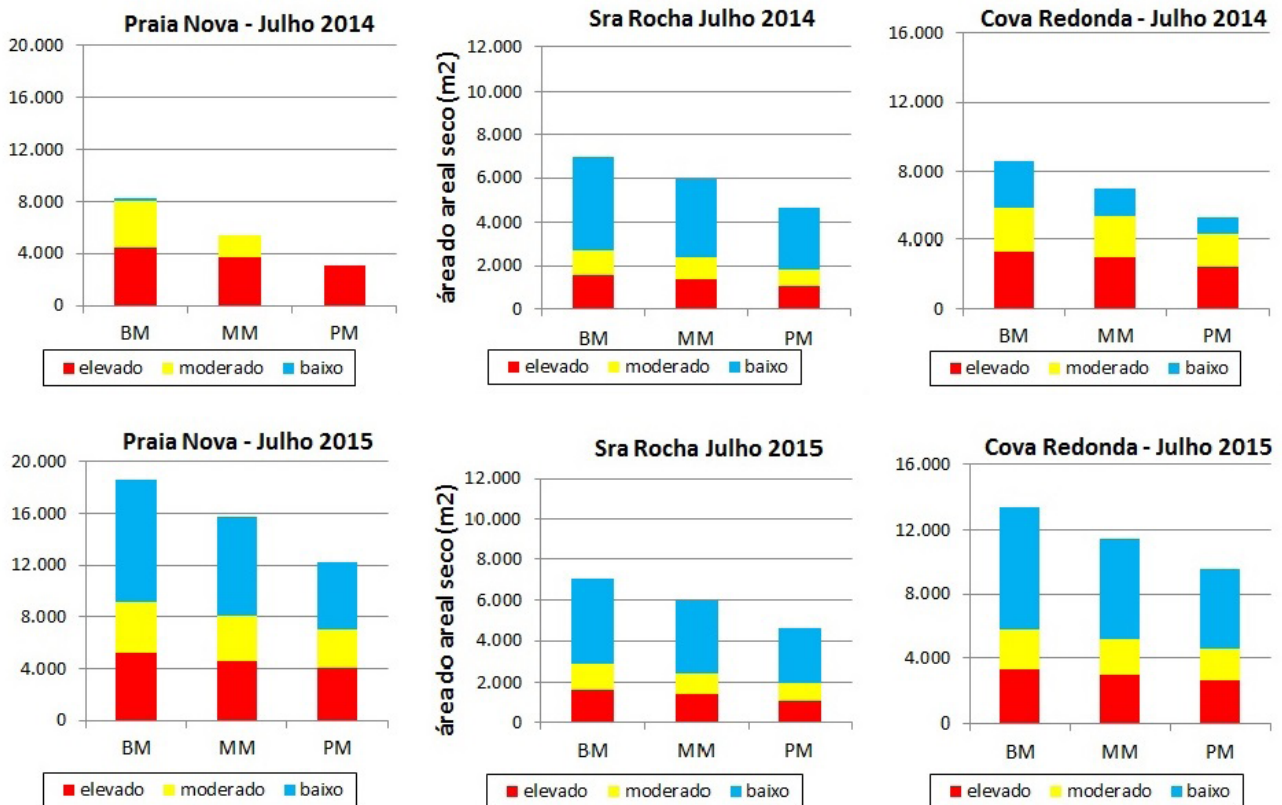


Figura 7- Variação da área de areal seco, antes (painel superior) e após (painel inferior) a alimentação artificial, em função do estado da maré em condições de agitação marítima médias do verão. BM – baixa-mar média; MM – meia maré; PM – preia-mar média. Áreas do areal seco contidas na faixa de perigo máximo (vermelho), na faixa de perigo moderado (amarelo) e na faixa de perigo baixo (azul),
 Figure 7 - Dry beach area, before (upper panel) and after (lower panel) beach nourishment, depending on the state of the tide, under average summer wave conditions. BM - average low tide; MM – half-tide; PM - average high tide. Dry sand areas on the maximum hazard zone (red), moderate hazard zone (yellow) and low hazard zone (blue).

reduzia para 18% em condições de preia-mar média. Na praia da Senhora da Rocha, face à largura da praia, existe fração significativa do areal permanentemente fora das faixas de perigo máximo e moderado. Neste caso, estas faixas de perigo estão sobretudo dispostas em redor dos promontórios que limitam o areal e ocupam 40% do areal disponível.

Os resultados ilustrados na figura 7 mostram que, do incremento da largura da praia associado à intervenção de alimentação artificial das praias Nova e Cova Redonda, resultou a ampliação muito significativa do areal seco disponível fora das faixas de risco máximo e moderado. Em condições de agitação e maré média de verão, na praia Nova, anteriormente à alimentação artificial, não havia qualquer porção do areal seco fora daquelas faixas de risco. Após a intervenção, a área contida na faixa de risco baixo ocupava já mais de 48% do areal existente. Na praia da Cova Redonda, em situação de preia-mar média no verão, a fração do areal na faixa de risco baixo era apenas de 18%, antes da intervenção, valor que aumentou para 52% após a alimentação artificial.

6.2. Ocupação global das praias

Tal como seria de esperar, a ocupação das três praias apresenta padrão de ocupação com forte componente sazonal, acompanhando a variação anual da temperatura e da ocupação turística. O pico da ocupação em qualquer das três praias está concentrado no mês de agosto coincidindo com o mês de maior procura turística da região (fig. 8). Sob o mesmo clima mediterrânico que o do Algarve, no sul da Califórnia o mês de maior ocupação é julho (Dwight *et al.*, 2007). Já nas praias mediterrâneas, como na Catalunha, (Guillén *et al.*, 2008) ou na Riviera francesa (Balouin *et al.*, 2014) o pico da ocupação ocorre em agosto. Nas praias do Algarve verifica-se ainda um pico secundário na ocupação coincidente com o período da Páscoa, mais pronunciado quando esta festividade ocorre na segunda quinzena de abril (caso dos anos de 2006, 2011 e 2014).

Os resultados da distribuição anual da ocupação das três praias (fig. 8) mostram que na praia da Senhora da Rocha, em que não houve qualquer intervenção de

alimentação artificial e que serve como praia de controlo, não houve alterações significativas na ocupação da praia, à exceção do ligeiro incremento de ocupação no trimestre entre agosto e outubro. Em termos globais anuais, o incremento de ocupação na praia da Senhora da Rocha foi 13%. Também na praia da Cova Redonda, os resultados mostram estabilidade quer no padrão de distribuição anual da ocupação, quer na magnitude da mesma, com ligeiro incremento da ocupação anual (11%) após a alimentação artificial. Este incremento de ocupação nestas duas praias é equivalente ao incremento da procura turística (fig.4), pelo que pode ser atribuído à melhoria da atividade económica pós 2014, traduzida num aumento da procura da praia pelos turistas. Já na praia Nova, no período após a intervenção de alimentação artificial, verificou-se incremento muito significativo da procura do areal, registando-se aumento da ocupação da ordem de 4 vezes (fig.8), concentrado no período entre maio e outubro. Estes resultados mostram que, nesta praia, a alimentação artificial produziu efeito muito relevante no incremento de atração turística, ao contrário do registado na praia da Cova Redonda. Sem ter havido qualquer alteração nos acessos ou estacionamento automóvel que fomentasse o aumento da procura da praia Nova, a razão mais plausível para o incremento da utilização desta praia deverá estar associada a alteração do comportamento dos hóspedes dos empreendimentos mais próximos, que usualmente não utilizavam a praia. Uma praia recentemente ampliada, localizada a curta distância do alojamento turístico onde estão hospedados terá sido motivo suficiente para a procurarem, seja como alternativa a outras praias mais distantes ou às próprias piscinas dos empreendimentos.

6.3. A ocupação das faixas de perigo

A informação cartográfica sobre a distribuição espacial das faixas de perigo das arribas está disponível em todos os acessos às praias (fig. 5), alertando para o risco associado à geodinâmica das arribas. A figura 9 sintetiza a distribuição anual (com valores médios mensais) da ocupação das três faixas dos areais (perigo elevado-vermelho, perigo moderado-amarela e perigo baixo-azul) nas três praias nos períodos antes e após a intervenção de alimentação artificial nas praias Nova, Senhora da Rocha e Cova Redonda.

Na praia da Senhora da Rocha, a variação da distribuição da ocupação das faixas de perigo revela alterações muito pouco significativas, verificando-se que, no período 2014/2016, a ocupação das faixas de perigo elevado e moderado é apenas 2% inferior à que se verificava no período anterior à intervenção nas praias contíguas. Este resultado indicia que o efeito da colocação da sinalização na redução da ocupação das faixas de perigo é muito residual, demonstrando que a sinalização reforçada em 2014 não teve ainda efeito significativo na alteração do

comportamento dos utentes face ao perigo, apesar de publicitado em todos os acessos às praias. No entanto, verifica-se que a densidade de ocupação do areal nas faixas de perigo baixo é muito superior (cerca do dobro) do que a densidade de ocupação nas áreas abrangidas pelas faixas de risco elevado e moderado (quadro II na SI-II). Este resultado indicia que os utentes tendem a utilizar áreas de menor perigo, em detrimento das áreas assinaladas como mais perigosas.

Na praia da Cova Redonda, a alteração do padrão de ocupação das faixas de perigo é notória, com a diminuição muito significativa da ocupação das de perigo elevado e moderado (quadro II na SI-III). Em termos médios anuais, no período anterior à alimentação artificial da praia, 44% dos seus utentes permaneciam naquelas faixas, valor que reduziu para 12% após a intervenção. Este resultado deve ser atribuído ao aumento do areal disponível e ao conseqüente afastamento dos utentes da base das arribas em direcção ao plano de água. Apesar do aumento do areal, ainda se registam utentes com comportamentos de risco, verificando-se que, em média, 3% dos utentes permanecem na faixa de perigo elevado (faixa vermelha) e 9% utilizam o areal contido na faixa de perigo moderado (faixa amarela).

Na praia Nova, à semelhança do registado na praia da Cova Redonda, após a alimentação artificial verifica-se alteração de comportamento dos seus utentes, com a migração da ocupação rumo ao plano de água e conseqüente afastamento da base das arribas (fig. C da SI-I). Nesta praia, em que antes da alimentação artificial 92% dos seus utentes permaneciam nas faixas de perigo (71% na faixa vermelha e 21% na faixa amarela), após a intervenção essa percentagem reduziu muito significativamente para 17% (7% na faixa vermelha e 9% na faixa amarela). Em termos percentuais, a ocupação da faixa de perigo elevado reduziu para 1/10 da ocupação registada antes da intervenção. Apesar de a ocupação da praia Nova ter quadruplicado na sequência da intervenção, mesmo em termos absolutos se verifica uma redução de utentes em zonas de risco potencial. O número de utentes que no pico da ocupação no mês de agosto era de 91 nas faixas de perigo (65 na faixa vermelha e 24 na faixa amarela) passou a 67 após a intervenção (30 na faixa vermelha e 37 na faixa amarela).

A capacidade de carga das praias é um parâmetro usualmente utilizado, como indicador da disponibilidade física da praia em acomodar a sua utilização, havendo certo consenso nos valores padrão. Nas praias urbanas o valor guia para a área mínima aceitável por utente anda pelos 5 m²/utente, podendo chegar a valores da ordem de 25 m²/utente em praias naturais com custos de alojamento mais elevado (Roca, 2008 e referências aí incluídas). As praias em análise são do tipo intermédio entre aqueles extremos guia. O próprio Plano de Ordenamento da Orla Costeira vigente aponta para valores guia de capacidade

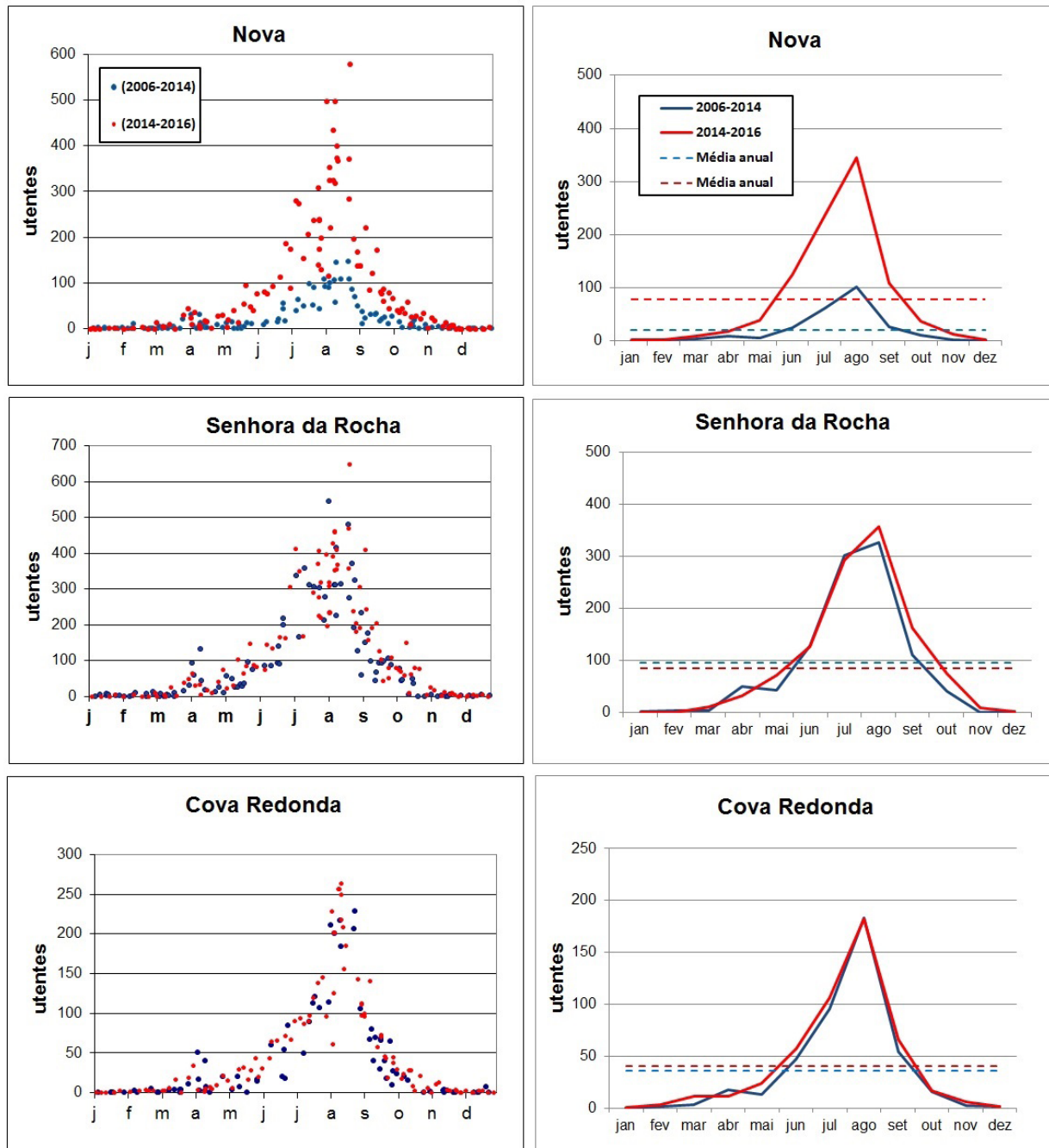


Figura 8 – Dados de ocupação das praias ao longo do ano entre maio de 2006 e maio de 2016, antes e após a alimentação artificial. Valores brutos (painel da esquerda) e médias mensais (painel da direita).

Figure 8 – Annual beach occupation data within the decade May 2006 – May 2016, before and after beach nourishment. Daily (left panel) and monthly average (right panel) beach occupation.

de carga de 15 m²/utente para as praias em análise. Com base nos levantamentos topográficos de 2014 e 2015 e nos valores médios da ocupação das praias em Agosto para condições de agitação média a meia-maré (quadro II na SP-II), verifica-se que na praia da Senhora de Rocha o espaço real ocupado pelos utentes ronda 17-20 m²/utente, sendo inferior na área da faixa de perigo baixo (13-16 m²/utente). Na praia da Cova Redonda, a carga da praia antes da alimentação artificial na área da faixa de perigo baixo era de 17 m²/utente.

Após a alimentação artificial das praias, a capacidade real de ocupação das praias na faixa de perigo baixo sofreu incremento muito significativo, tendo em consideração os valores guia de 15 m²/utente. A densidade de ocupação quer da praia Nova, quer da praia da Cova Redonda tem agora valores superiores a 25 m²/utente nas áreas das faixas de perigo baixo. Apesar do incremento do espaço disponível em ambas as praias, a utilização das faixas de perigo elevado e moderado continua a ocorrer, embora já de forma muito mais reduzida.

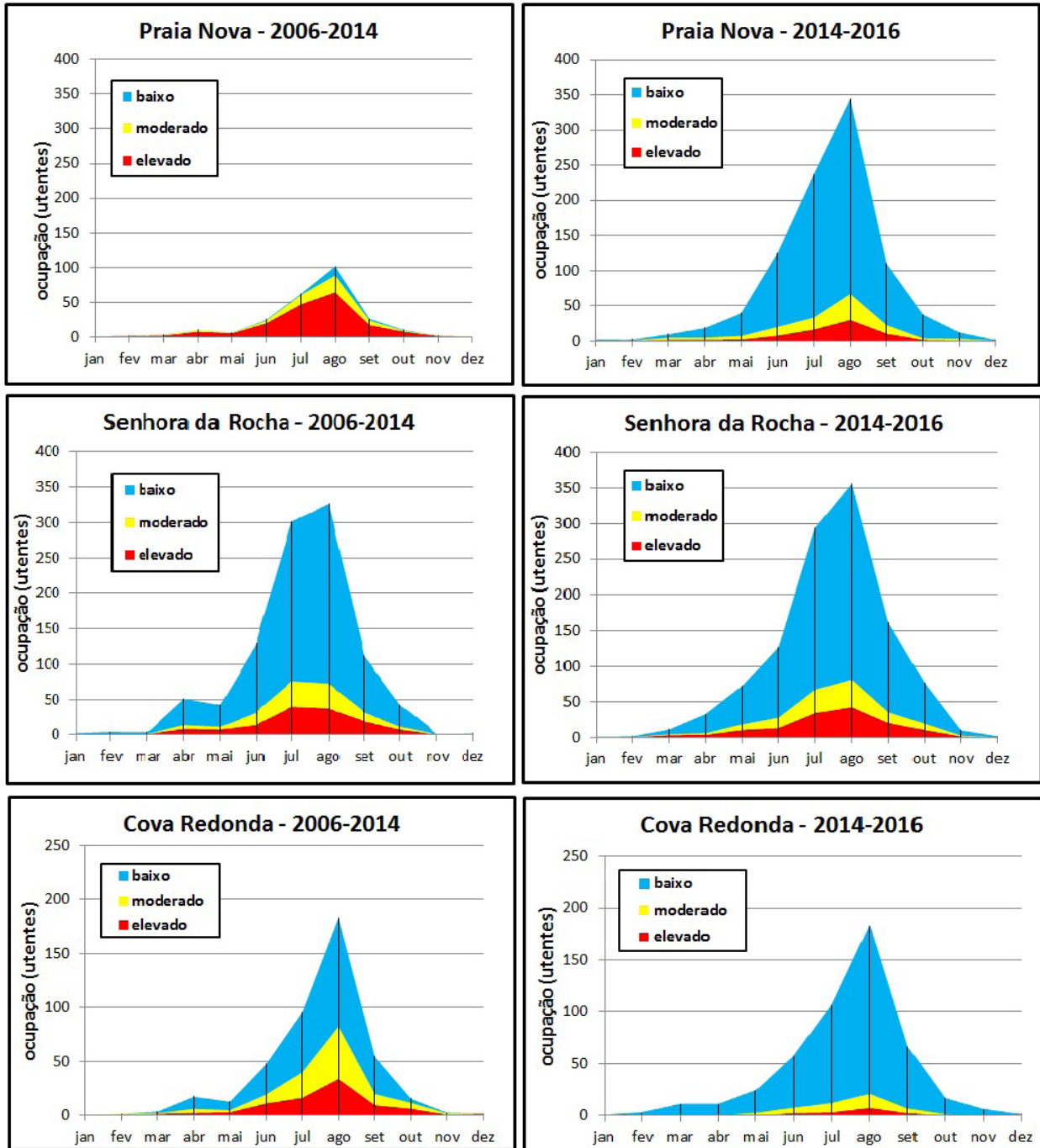


Figura 9 - Ocupação média mensal das praias, distribuídas pelas áreas de perigo elevado, moderado e baixo, antes (painel da esquerda) e após (painel da direita) a alimentação artificial.

Figure 9 - Monthly average beach occupation distributed by high (red), moderate (yellow) and low (blue) hazard areas, before (left panel) and after (right panel) beach nourishment.

7. Conclusões

A geodinâmica natural das arribas determina a existência de perigo para os utentes das praias encaixadas suportadas por arribas rochosas do litoral do Algarve. Para diminuir a frequência da ação direta das ondas na base da arriba e promover a utilização das praias fora das faixas de perigo das arribas, em 2014 foi executada alimentação artificial da zona subaérea das praias Nova e Cova Redonda, onde a área do areal seco a meia maré em condições de agitação média do verão na faixa de perigo baixo era respetivamente de 0% e 24%. A alimentação artificial das praias executada na fração subaérea permitiu o alargamento do areal em 50 m nas praias Nova e da Cova Redonda. Após o primeiro inverno, na sequência do ajuste natural do perfil de praia, a largura das praias foi reduzida em 19% e 40% respetivamente.

Contagens sistemáticas das pessoas presentes nas praias durante a década 2006-2016 no período antes e após a intervenção de alimentação artificial atestam inequivocamente a reação natural dos utentes ao enchimento da praia, traduzindo-se na sua migração instintiva e natural no sentido do plano de água, resultando no seu afastamento relativamente às faixas de perigo. Na sequência da intervenção, a ocupação das faixas de perigo elevado e moderado reduziu muito significativamente, de 92% para 17% na praia Nova e de 44% para 12% na praia da Cova Redonda. Esta redução contrasta com a baixa redução de 2% da ocupação das faixas de risco elevado e moderado medida na praia da Senhora da Rocha, não submetida a qualquer alimentação, que foi associada ao efeito do reforço da sinalização executado no mesmo ano.

Os resultados da evolução da ocupação das praias após a alimentação artificial mostram que enquanto na Praia Nova a ocupação quadruplicou, na praia da Cova Redonda a ocupação sofreu ligeiro incremento, similar ao verificado na praia da Senhora da Rocha, atribuído ao aumento da procura associado à melhoria regional da actividade económica. Esta diferença de reação em duas praias contíguas mostra que, previamente à intervenção, não é possível antecipar a amplitude do incremento da utilização associado ao facto de a área disponível aumentar.

Os resultados apresentados e discutidos no presente trabalho demonstram que a alimentação artificial é medida eficaz na redução do risco para os utentes das praias suportadas por arribas rochosas, sendo no caso do Algarve, medida adequada na gestão do risco.

Agradecimentos

O autor agradece reconhecidamente a Ricardo Almeida e José António Bentes pelo levantamento sistemático dos perfis de praia e pela recolha periódica de fotos das praias. A Maria João Pires o autor agradece o tratamento dos

levantamentos topográficos e das figuras em ambiente SIG. O autor agradece aos cinco revisores pelos comentários e sugestões que melhoraram significativamente o artigo. O presente artigo é uma contribuição do Projeto: "Shoreface morphodynamics: an integrated approach" (FCT PTDC/MAREST/3485/2012) – SHORE.

Referências bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente – www.ambiente.pt. Faixas de risco das arribas. Placas disponíveis em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=923>
- Anthony, E. J., Cohen, O., Sabatier, F. (2011) - Chronic offshore loss of nourishment on Nice beach, French Riviera: A case of over-nourishment of a steep beach? *Coastal Eng.* 58, 374-383. doi:10.1016/j.coastaleng.2010.11.001
- Balouin, Y, Rey-Valette, H., Picand.-A. (2014) - Automatic assessment and analysis of beach attendance using video images at the Lido of Sète beach, France. *Ocean & Coastal Manag.* Vol.102, 114-122. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.09.006
- Costa, M. , Silva, R., Vitorino, J. (2001) – CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO CLIMA DE AGITAÇÃO MARÍTIMA NA COSTA PORTUGUESA. Com. 2ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. Associação Nacional de Navegação. Sines. CD-ROM, 20p.
- Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. Estações meteorológicas automáticas. <http://www.drapalg.min-agricultura.pt>.
- Dwight, R. H., Brinks, M. V., Kumar, G. S., Semenza, J. C. (2007) - Beach attendance and bathing rates for Southern California beaches. *Ocean & Coast. Manag.*, Vol.50, 847-858. doi:10.1016/j.ocecoaman.2007.04.002
- Guillén, J., García-Olivares, A., Ojeda, E., Osorio, A. Chic, O., González, R. (2008) - Long-Term Quantification of Beach Users Using Video Monitoring. *Journ. Coast. Research*, Vol.24, Issue 6, pp.1612-1619. doi:10.2112/07-0886.1
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). Daily weather forecast. www.ipma.pt.
- Instituto Hidrográfico – Bóia ondógrafo de Faro Costeira, disponíveis em <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>.
- Gallien, T.W, O'Reilly, W.C, Flick, R.E., Guza, R.T. (2015) - Geometric properties of anthropogenic flood control berms on southern California beaches. *Ocean & Coast. Manag.*, Vol.105, 35-47. doi:10.1016/j.ocec.oaman.2014.12.014
- Gomes, N. A., Weinholtz, M. B. (1971) - Evolução da embocadura do estuário do Arade (Portimão) e das praias adjacentes. Influência da construção dos molhes de fixação do canal de acesso ao Porto de Portimão. Emagrecimento da Praia da Rocha e sua reconstituição por deposição de areias dragadas no anteporto. Com. 3ªs Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, Lourenço Marques, Vol. III, p. III-4-1/27.
- Hanson, H., Brampton, A. Capobianco, M., Dette, H.H., Hamm, L., Lastrup, C., Lechuga, A., Spanhoff, R. (2002) – Beach nourishment projects, practices, and objectives – a European overview. *Coast. Engineering*, 47, 81-11.
- Marques, F.M.S.F. (1994) - Sea cliff evolution and related hazards in miocene terranes of Algarve (Portugal). 7th Int. Cong. of the I.A.E.G. Lisbon, Proc., V.4, 3109-3118.
- Marques, F.M.S.F. (1997) – As arribas do Algarve, Dinâmica, Processos e Mecanismos, PhD. Thesis., Universidade de Lisboa, 556p. (não publicado).

- Marques, F.M.S.F., Andrade, C. (2009) - Parecer sobre risco associado às arribas do Algarve. Fac. Ciências Univ. Lisboa Parecer para Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Faro, Portugal, 25 pp., 2009. Disponível em biblioteca.turismoalgarve.pt/getmedia.aspx?guid.0047.pdf
- Pinto, C. A., Silveira, T., Taborda, R. (2015) – Alimentação artificial das praias da Costa da Caparica: síntese dos resultados de monitorização (2007 a 2014). Proc. 3ª Conf. Morf. Estuar. Cost., Faro, 47-48.
- Pires, H. O. (1989) - Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação da costa de Portugal. O Clima de Portugal. Fasc. XXXVII, vol. 2. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 34p.
- Roca, E. Riera, C. Villares, M., Fragell, R., Junyent, R. (2008) - A combined assessment of beach occupancy and public perceptions of beach quality: A case study in the Costa Brava, Spain. *Ocean & Coast. Manag.* 51, 839-846. doi:10.1016/j.ocecoaman.2008.08.005.
- Teixeira, S.B. (2006) - Slope mass movements on rocky sea-cliffs: A power-law distributed natural hazard on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. *Cont. Shelf Research* 26, 1077-1091. doi: 10.1016/j.csr.2005.12.013.
- Teixeira, S.B. (2009a) - Geodinâmica, ocupação e risco na praia Maria Luísa (Albufeira), Administração da Região Hidrográfica do Algarve. Relatório, Faro, Portugal, 24 p. disponível em biblioteca.turismoalgarve.pt/getmedia.aspx?guid.0047.pdf
- Teixeira, S. B. (2009b) - Demarcação do leito e da margem das águas do mar no litoral sul do Algarve, Administração da Região Hidrográfica do Algarve. 207p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/306900059/Demarcacao-Do-Leito-e-Da-Margem-Das-Aguas-Do-Mar-No-Litoral-Sul-Do-Algarve#scribd>
- Teixeira, S. B. (2011) - A alimentação artificial de praias com dragados no Algarve. In: Coelho, C., Silva, O. A., Pinheiro, L. M. Gonçalves, D. S. (Eds). *Dragagens – Fundamentos, Técnicas e Impactos*. Universidade de Aveiro, Lusoimpress, pp. 221-240. ISBN 978-972-789-346-1.
- Teixeira, S. B. (2014) - Coastal hazards from slope mass movements: Analysis and management approach on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. *Ocean & Coast. Manag.* 102, 285-293. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.10.008>.
- Turismo de Portugal. Estatísticas do Turismo. <http://www.turismodeportugal.pt>
- Van de Graaff, J. Niemeyer, H. D., Van Overeem, J. (1991) - Beach nourishment, philosophy and coastal protection policy. In: L. van de Graaff, H. D. Niemeyer and J. van Overeem (Eds), *Artificial Beach Nourishments*. *Coastal Eng.*, 16: 3-22..
- Van Rijn, L. C. (2011) - Coastal erosion and control. *Ocean & Coast. Manag.* 54, 867-887. doi:10.1016/j.ocecoaman.2011.05.004.
- Vera-Cruz, D. (1972) - Artificial nourishment of Copacabana beach. *Proceedings 13th Coastal Engineering Conference*. New York: ASCE, 141-163.