

LLANA BEACH HOTEL (Ilha do Sal – Cabo Verde) PROJECTO PARA A MELHORIA DAS CONDIÇÕES BALNEARES DA PRAIA

António Sanches do Valle¹, Joaquim Morgado²

¹WW – Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A.

Rotunda Nuno Rodrigues dos Santos, 1B – 10º, 2685-223 Portela LRS

sanchesvalle@wwsa.pt

²SANJOSE Construtora Portugal

Av. D. João II, Lt. 1.03.2.1. - Edifício Meridiano - 7º piso

Parque das Nações, 1998-017 Lisboa

joaquim.morgado@grupo-sanjose.com

RESUMO

O empreendimento turístico “LLANA BEACH HOTEL”, cujo promotor é “THE RESORT GROUP”, localiza-se no trecho sudoeste da Ilha do Sal, em Cabo Verde.

Frente a este empreendimento desenvolve-se uma praia de areia com cerca de 120 m de largura, e praticamente horizontal.

Junto à linha de água, entre sensivelmente a cota de baixa-mar e a plataforma da praia, existe um talude com uma inclinação da ordem de 8 a 10%. Abaixo sensivelmente do nível médio até profundidades para além do -10,00 m(ZH), e ao longo de toda a extensão do trecho costeiro onde se insere esta praia, os fundos são rochosos e com uma inclinação muito suave, sendo de cerca de 2,5% entre o ZH e a batimétrica -5,00 m(ZH) e de aproximadamente 1,5% entre as batimétricas -5,00 m(ZH) e -10,00 m(ZH).

A existência desta plataforma rochosa ao longo da frente de praia condiciona fortemente as condições de utilização balnear.

Assim, o objectivo dos estudos realizados foi a definição da solução técnica e ambientalmente adequada para a melhoria das condições balneares da praia adjacente ao empreendimento.

Tal solução tem por objectivo a criação de condições para a acumulação de areia na zona submersa da praia de forma a permitir o acesso seguro dos banhistas ao mar sem risco de poderem ocorrer os acidentes que se verificam actualmente devido aos fundos rochosos existentes.

No entanto, dado que a solução a implementar implicará a execução de obras de retenção das areias, foram criteriosamente analisadas as eventuais repercussões de tais obras no equilíbrio não só da praia que se desenvolve ao longo da frente costeira (Baía do Algodoeiro) como das praias a sotamar.

1. INTRODUÇÃO

O empreendimento turístico “LLANA BEACH HOTEL”, cujo promotor é “THE RESORT GROUP”, localiza-se no trecho sudoeste da Ilha do Sal, em Cabo Verde (Figura 1).

Este empreendimento localiza-se entre o “Dunas Beach Resort”, imediatamente a Norte, e o “Tortuga Beach Resort”, a Sul, dois outros empreendimentos turísticos da responsabilidade do mesmo Promotor.

A Ilha do Sal desenvolve-se na direcção N-S com um comprimento máximo de cerca de 30 km, entre a Ponta Norte e a Ponta do Sinó, a Sul, e com uma largura que varia entre o mínimo de 3 km, na parte Sul, e o máximo de cerca de 12 km, na parte Norte. Estes empreendimentos localizam-se na costa oeste da zona mais estreita da ilha, na Baía do Algodoeiro, limitada a norte pela Ponta do Rife e a sul pela Ponta Preta. Nesta zona a frente marítima está sensivelmente orientada a WSW (Figura 2).

Frente a este empreendimento desenvolve-se uma praia de areia com cerca de 120 m de largura, constituída por uma plataforma praticamente horizontal, com cotas variando, aproximadamente, entre +1,50 m(ZH) e +2,50 m(ZH) – Figura 3. Junto à linha de água, entre sensivelmente a cota de baixa-mar e a plataforma da praia, existe um talude com uma inclinação da ordem de 8 a 10%. Abaixo sensivelmente do nível médio o fundo é rochoso e tem uma inclinação muito suave, sendo de cerca de 2,5% entre o ZH e a batimétrica -5,00 m(ZH) e de aproximadamente 1,5% entre as batimétricas -5,00 m(ZH) e -10,00 m(ZH) – Figuras 4 e 5.

A existência desta plataforma rochosa ao longo da frente de praia condiciona fortemente as condições da respectiva utilização balnear.



Figura 3 – Plataforma da praia



Figura 4 – Talude da praia junto à linha de água e afloramentos rochosos

2. CONDIÇÕES NATURAIS

2.1- MARÉS

As marés em Cabo Verde são do tipo semi-diurno regular e a amplitude da maré não ultrapassa 1,20 m. De acordo com a Tabela de Marés publicada pelo Instituto Hidrográfico, os elementos de maré astronómica relativos ao Porto da Palmeira (Ilha do Sal), situado a Norte do empreendimento, têm os seguintes valores característicos:

Máxima preia-mar de águas vivas (PM _{máx})	+1,38 m(ZH) ⇔ +0,58 m(ZT)
Nível médio (NM).....	+0,80 m(ZH) ⇔ +0,00 m(ZT)
Mínima baixa-mar de águas vivas (BM _{mín})	+0,29 m(ZH) ⇔ -0,51 m(ZT)

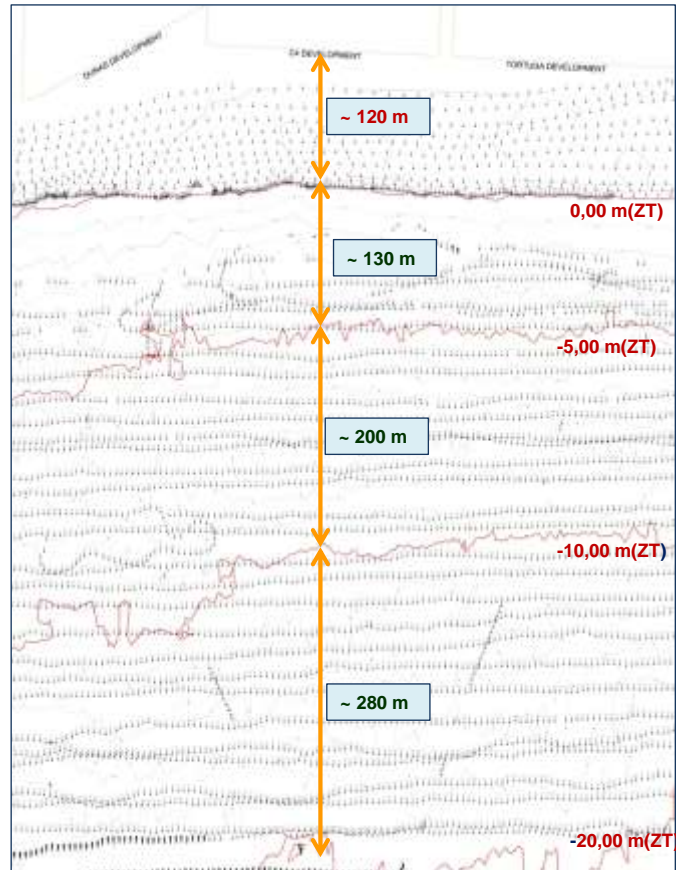


Figura 5 – Topo-hidrografia local

2.2- AGITAÇÃO MARÍTIMA

A caracterização da agitação marítima ao largo da Ilha do Sal foi efectuada para um ponto localizado a Norte da Ilha do Sal (Figura 6) cobrindo o período de Janeiro de 1971 a Dezembro de 2000. Os parâmetros caracterizadores da agitação marítima consistem na altura significativa, H_s , no período médio de zero ascendente, T_m , e a direcção de propagação média, θ .



Nas Figuras 7 a 9 apresenta-se a síntese dos principais dados caracterizadores do clima de agitação ao largo da Ilha do Sal.

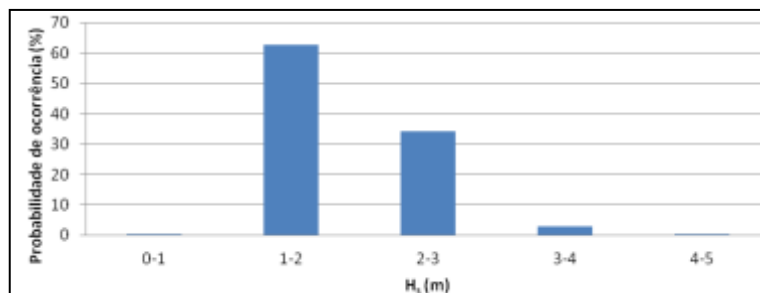


Figura 7 – Distribuição de alturas de onda significativa ao largo da Ilha do Sal

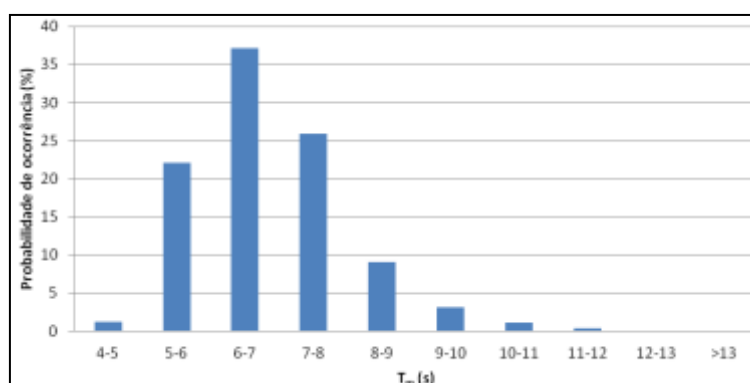


Figura 8 – Distribuição de período médio ao largo da Ilha do Sal

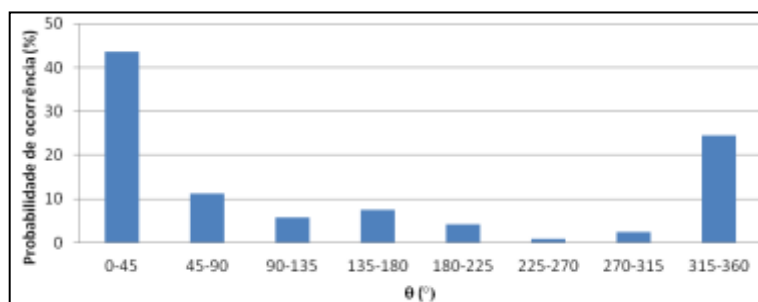


Figura 9 – Distribuição de direcções médias ao largo da Ilha do Sal

A agitação marítima predominante provém do octante NNE, com 44% de ocorrências, seguida da agitação de NNW com 24%, de ENE, com 11%, de SSE, com 8%, de ESE, com 6%, SSW, com 4%, WNW, com 2% e WSW, com 1% (Figura 10).

Embora existam registos de ondas com altura significativa (H_s) até 5 m, os escalões de alturas mais frequentes sejam, por ordem, [1-2 m], com 63%, e [2-3 m], com 34%.

Os períodos médios, T_m , mais frequentes são [6-7 s], com 37% das ocorrências, [7-8 s], com 26%, e [5-6 s], com 22%, o que denota a origem local maioritária da agitação. No entanto, há registos de ondas com período médio superior a 13 s, que deverão corresponder a ondas geradas por tempestades do Atlântico Norte ou do Atlântico Sul.

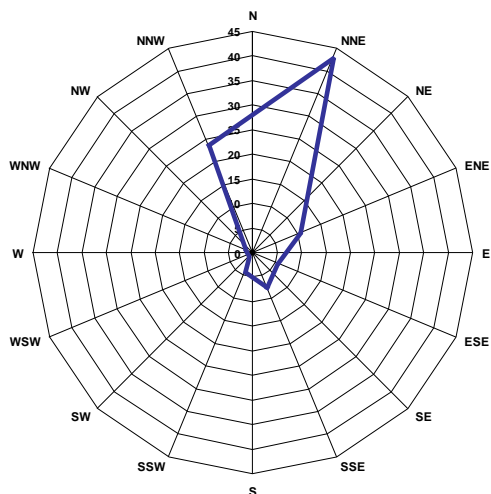


Figura 10 – Rosa da agitação marítima ao largo da Ilha do Sal

Para a transposição da agitação marítima desde grandes profundidades (largo) até à zona de estudo foi utilizado o modelo espectral MIKE21 NSW (DHI Water & Environment). De forma a caracterizar a agitação marítima desde o largo até à costa, foi necessário definir domínios de cálculo que abrangessem toda a extensão da propagação da onda.

Tendo como base a caracterização do clima de agitação ao largo da Ilha do Sal, foram definidas as condições a impor nas fronteiras dos domínios de cálculo apresentados na Figura 11.

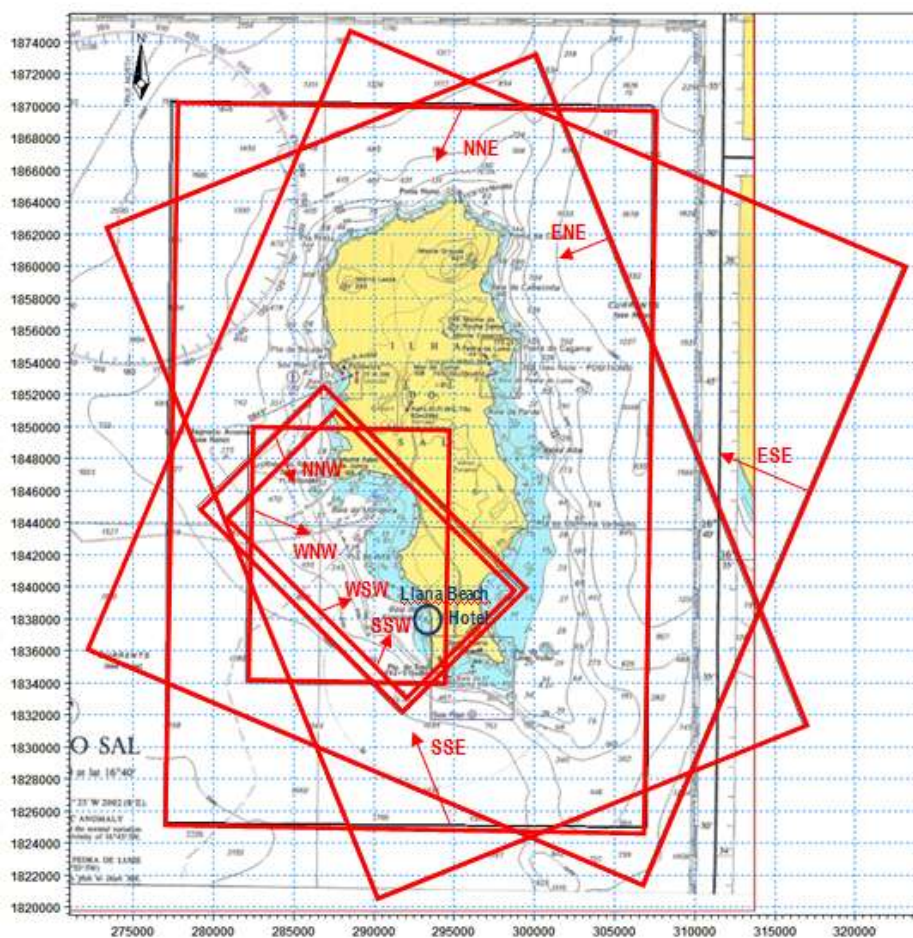


Figura 11 – Domínios utilizados na modelação da propagação da agitação

Os resultados obtidos com o modelo regional foram analisados em termos da altura significativa da onda e da direcção média em todo o domínio de cálculo, e num ponto P situado na batimétrica -20,0 m(ZH) \Leftrightarrow -19,2 m(ZT) em frente ao local será feita a intervenção de melhoria das condições balneares da praia adjacente ao empreendimento.

Os resultados obtidos para ondas incidentes rodadas a Este com probabilidade de ocorrência superior a 1%, demonstram que as alturas significativas na área em estudo são inferiores a 1 m, sendo que as ondas provenientes de ENE correspondem a calmas e as ondas provenientes de ESE conduzem a alturas significativas inferiores a 0,15 m.

As ondas com rumos incidentes de WSW e WNW, embora com probabilidades de ocorrência inferiores a 1%, são as que conduzem a valores de altura significativa superiores junto ao local de estudo.

Foram extraídos resultados do modelo regional no referido ponto P para caracterizar o clima de agitação na batimétrica -20,0 m(ZH) \Leftrightarrow -19,2 m(ZH) em frente ao empreendimento do Llana Beach Hotel. Esses resultados são apresentados nos Quadros 1 a 3 e nas Figura a 15.

Quadro 1 – Distribuição de probabilidade conjunta de θ/H_s no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

Calmas: 11%					
$\theta (^{\circ}) \backslash H_s (m)$	0-1	1-2	2-3	3-4	Σ
140-160	0,008				0,01
160-180	5,899	0,024			5,92
180-200	6,854	0,403			7,26
200-220	0,010	3,787	0,302	0,001	4,10
220-240		0,064			0,06
240-260	0,001	0,782	0,123	0,001	0,91
260-280	0,005	0,628	0,087		0,72
280-300	8,440	2,174	0,118		10,73
300-320	57,974	0,284			58,26
320-340	0,816				0,82
Σ	80.01	8.15	0.63	0.002	89

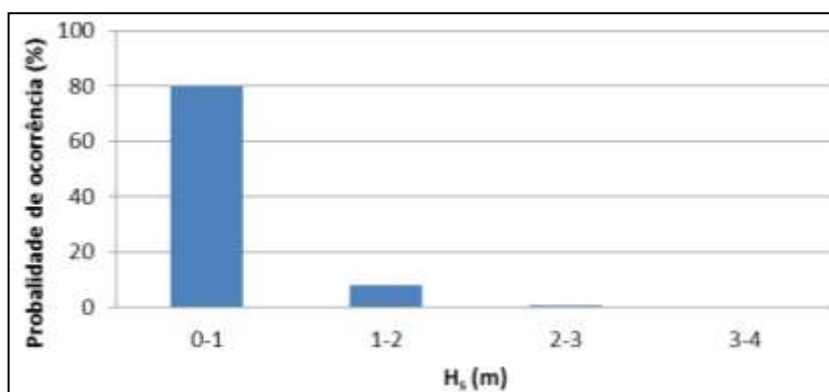


Figura 12 – Histograma da altura significativa no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

Conforme se pode verificar pela análise do Quadro 1, as maiores alturas de onda significativa no ponto P encontram-se associadas a rumos locais entre 200° e 220° e entre 240° e 260°.

Cerca de 58% das ocorrências estão associadas a direções médias locais de onda entre 300° e 320° e alturas significativas inferiores a 1 m. As alturas de onda significativas com valores entre 1 e 2 m têm uma probabilidade de ocorrência de cerca de 8%. Cerca de 91% das alturas significativas frente ao empreendimento são inferiores a 1,0 m, sendo que 11% correspondem a calmas.

Quadro 2 – Distribuição de probabilidade conjunta de θ/T_m no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

θ (°) \ T_m (s)	Calmas 11%										
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	>13	Σ
140-160	0,008										0,01
160-180	0,007	0,639	2,913	2,165	0,195	0,005					5,92
180-200			2,776	3,909	0,572						7,26
200-220	0,028	0,387	1,114	1,851	0,688	0,032					4,10
220-240						0,064	0,0004				0,06
240-260	0,011	0,084	0,202	0,405	0,180	0,022	0,002				0,91
260-280						0,373	0,206	0,082	0,059	0,0002	0,72
280-300	0,008	0,059	0,254	0,741	6,025	2,479	0,914	0,252			10,73
300-320	0,086	17,357	24,624	14,825	1,187	0,170	0,009				58,26
320-340	0,816										0,82
Σ	0,96	18,53	31,88	23,90	8,85	3,14	1,13	0,33	0,06	0,0002	89

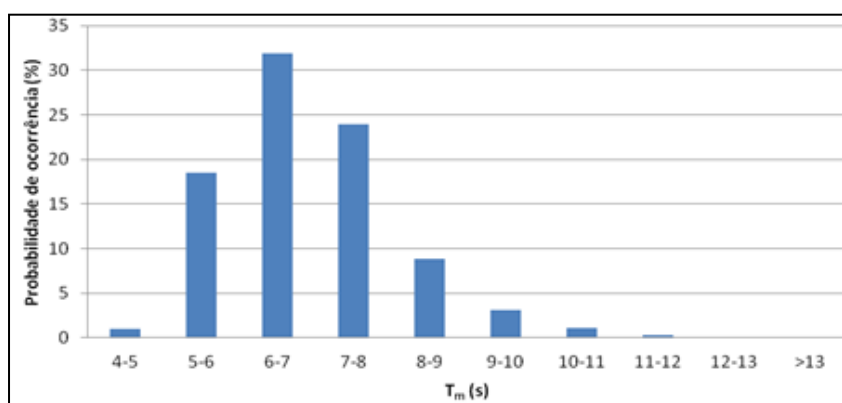


Figura 13 – Histograma do período médio no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

Da análise dos valores constantes do Quadro 2 verifica-se que os períodos superiores a 13 s, estão associados a direções locais de onda entre 260° e 280°.

No ponto P, as maiores probabilidades de ocorrência estão associadas a rumos locais entre 300° e 320° e a períodos entre 5 s e 8 s.

Quadro 3 – Distribuição de probabilidade conjunta de Hs/Tp no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

Calmas: 11%											
H _s (m)\T _m (s)	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	>13	∑
1	0,915	17,973	30,200	20,465	7,152	2,454	0,748	0,096	0,005		80,01
1-2	0,047	0,484	1,559	3,129	1,661	0,678	0,377	0,159	0,051		8,15
2-3	0,003	0,070	0,121	0,303	0,034	0,012	0,005	0,079	0,003	0,0002	0,63
3-4		0,0003	0,002	0,0001							0,00
∑	0,96	18,53	31,88	23,90	8,85	3,14	1,13	0,33	0,06	0,00	89

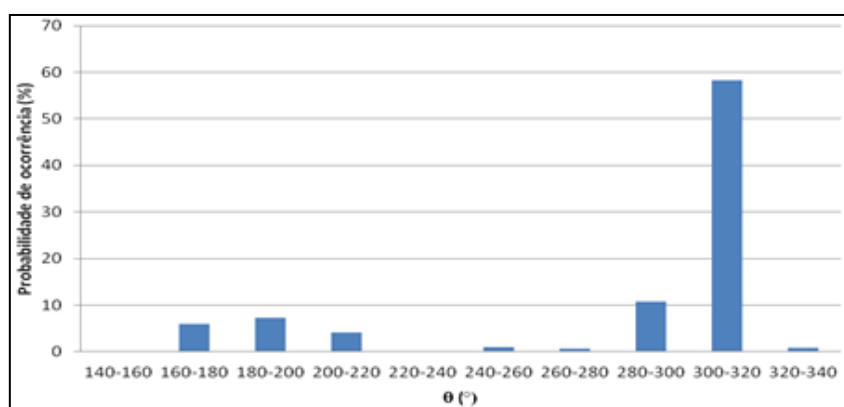


Figura 14 – Histograma da direcção média no ponto P na zona adjacente ao empreendimento

Da análise do Quadro 3 conclui-se que cerca de 60 % dos registos correspondem a ondas com altura significativa inferior a 1,0 m e com um período médio entre 5 s e 8 s.

A probabilidade de ocorrência de ondas com altura significativa entre 3,0 e 4,0 m é inferior a 0,01%, as quais estão associados a períodos médios entre 5 s e 8 s.

A análise dos histogramas de altura significativa, de período médio e de direcção média (Figuras 12 a 14) permite concluir que:

- Cerca de 80% das ondas têm uma altura significativa inferior a 1,0 m e cerca de 10 % têm altura significativa entre 1,0 e 2,0 m;
- A maioria dos períodos médios das ondas no ponto P variam entre 5 s e 9 s;
- As direcções médias no ponto P situam-se na sua maioria (cerca de 60%) entre 300° e 320°.

Para uma melhor percepção da relação entre a direcção da ondas mais frequentes frente ao empreendimento e a respectiva altura significativa a respectiva distribuição de probabilidade conjunta direcção / altura significativa é representada graficamente na Figura 15.

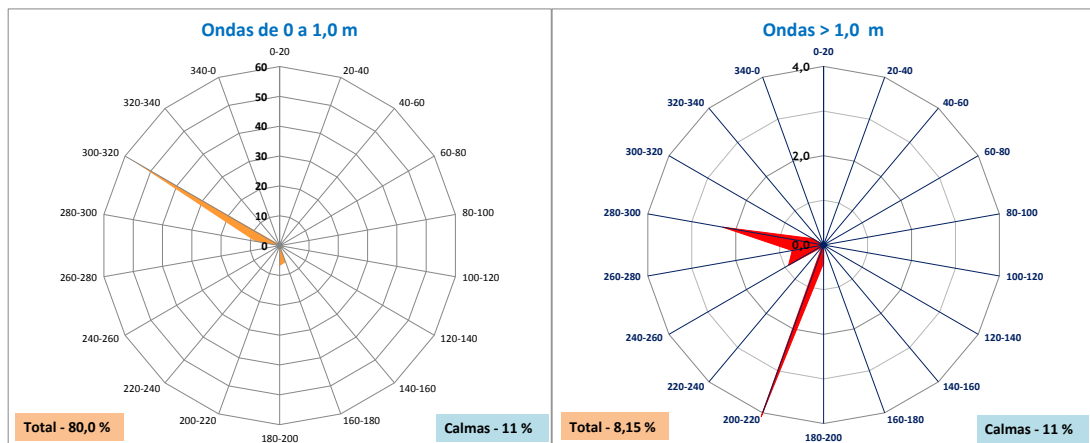


Figura 15 – Distribuição de probabilidade conjunta da direcção média / altura significativa das ondas no ponto P. Ondas de altura significativa inferior ou igual a 1,0 m e superior a 1,0 m

Verificou-se também que a maior altura de onda significativa no ponto P5 é da ordem de 3,30 m para as seguintes características de agitação incidente: rumo de WSW e período médio de 6,5 s).

3. ANTECEDENTES

Relativamente à melhoria das condições balneares da praia fronteira ao empreendimento Llana Beach Hotel, beneficiando também os empreendimentos adjacentes (“Dunas Beach Resort” e “Tortuga Beach Resort”), já foram propostas inicialmente algumas soluções esquemáticas para a contenção de areia e para permitir o fácil acesso ao mar dos banhistas de forma a ultrapassarem a plataforma rochosa que se desenvolve abaixo do nível da baixa-mar (Figuras 16 a 19).

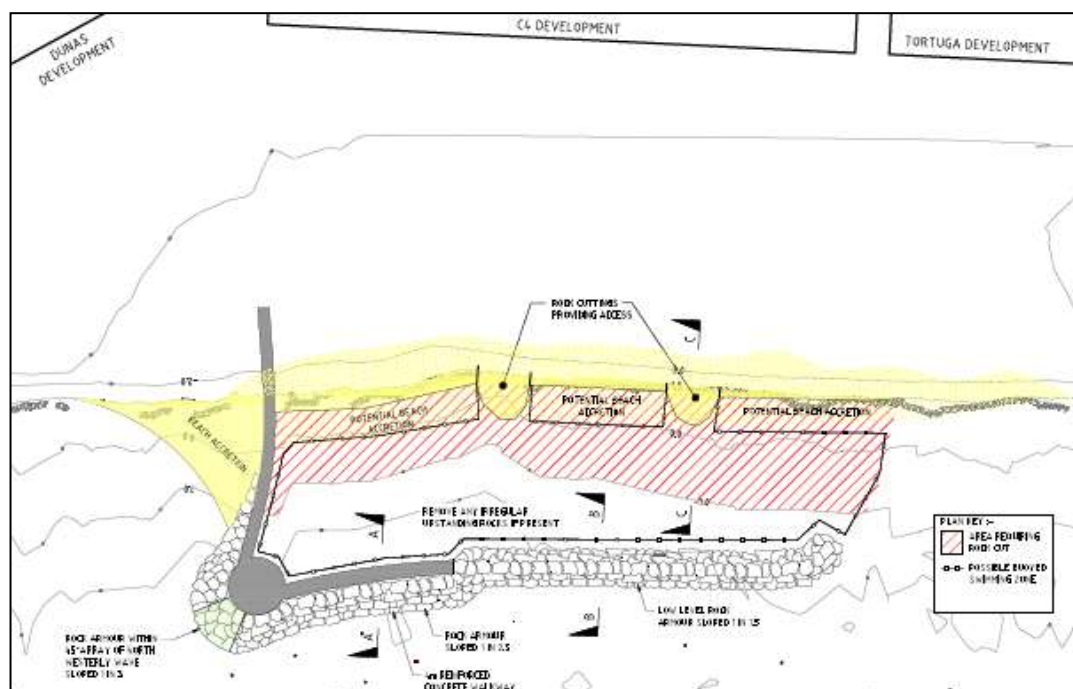


Figura 16 – Quebramar paralelo a linha de praia

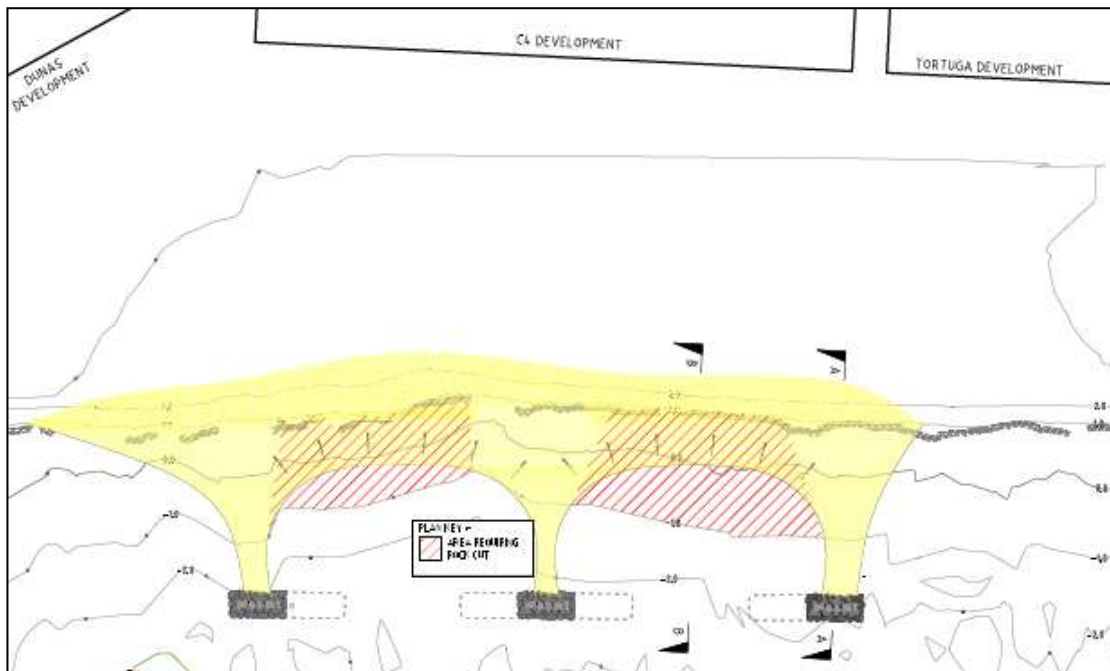


Figura 17 – Sistema de quebramares destacados

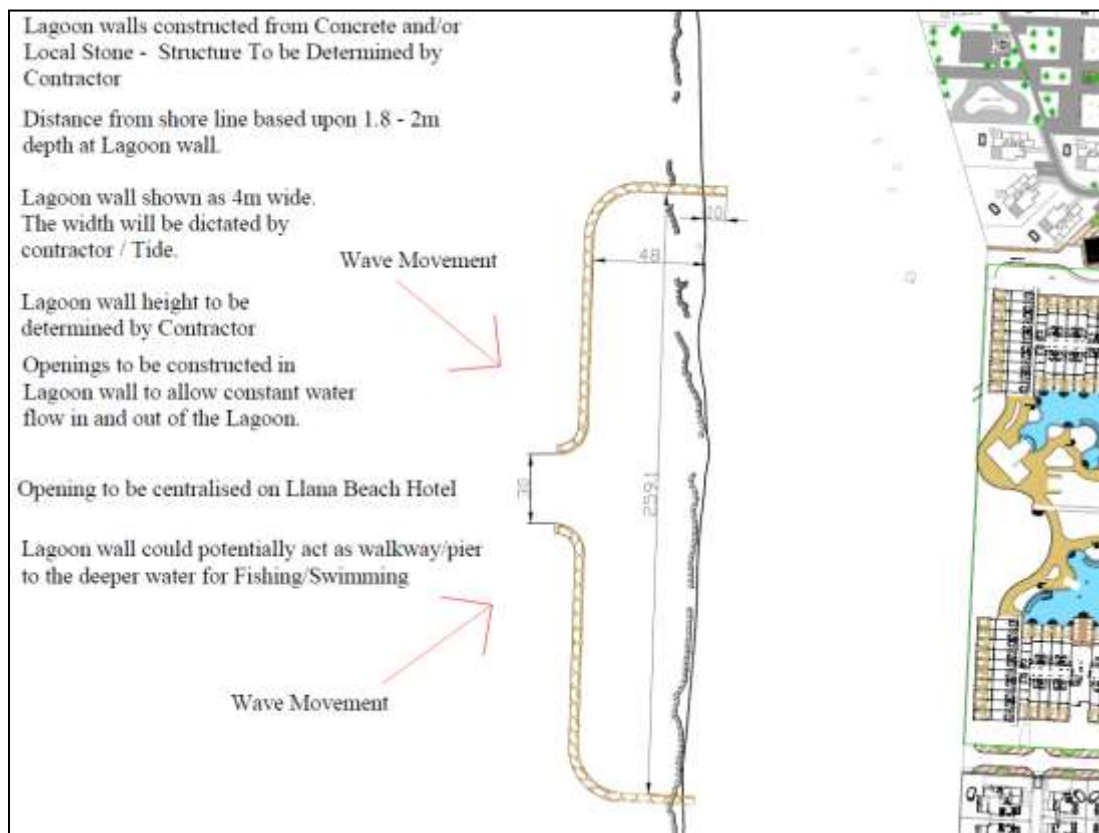


Figura 18 – Quebramares convergentes (Lagoa). Opção 1

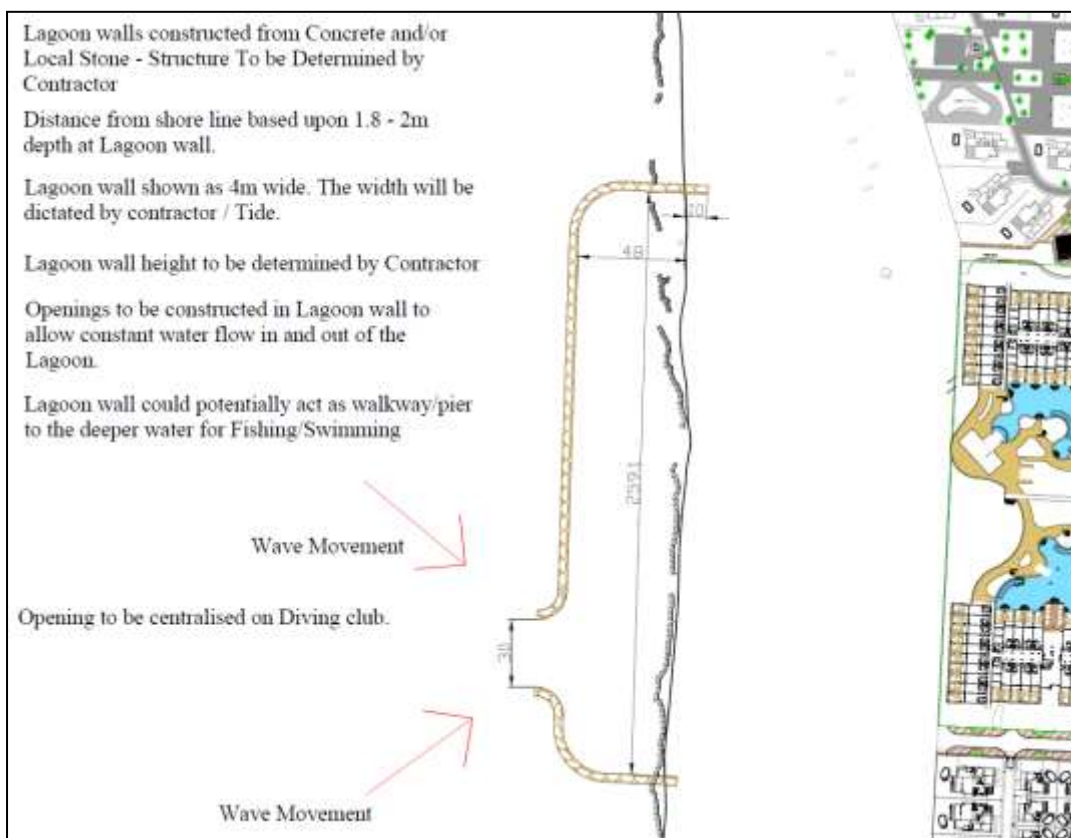


Figura 19 – Quebramares convergentes (Lagoa). Opção 2

Qualquer destas soluções, embora sendo meramente esquemáticas, não foram objecto de uma análise baseada nas características da agitação incidente e no respectivo potencial de transporte sólido litoral. Assim, apenas poderão ser entendidas como esquemas de princípio, meramente preliminares.

De referir que nos dois primeiros esquemas era previsto o quebraamento de rocha, operação que, à partida, seria bastante onerosa e poderia ter impactos relevantes.

4. SOLUÇÃO PROJECTADA

4.1 - DEFINIÇÃO GERAL

Tendo em conta os objectivos pretendidos a solução a adoptar seria a construção de uma obra, ou de um conjunto de obras, que permitisse a retenção e a acumulação de areia na praia adjacente ao empreendimento de forma a prolongar para o mar a praia já existente e cobrir até fundos da ordem de -2,00 m(ZT) a plataforma rochosa que se desenvolve abaixo da baixa-mar.

De acordo com a avaliação feita do transporte sólido, embora haja um potencial de transporte induzido pela agitação marítima incidente, não existem fontes aluvionares significativas no trecho de costa em estudo. A única fonte aluvionar neste trecho costeiro, para além da areia transportada pelo vento e por uma pequena linha de água localizada a norte, mas que só tem algum caudal quando da ocorrência de períodos de forte pluviosidade, o que acontece raras vezes, é a própria praia quando da ocorrência de temporais em que se verifica a erosão do talude da praia acima da baixa-mar, situação que é patente na existência de um talude com uma forte inclinação na transição da bancada rochosa com a berma da praia. No entanto, a capacidade erosiva desta praia é limitada dada a existência da bancada rochosa que se

desenvolve de uma forma praticamente contínua ao longo de toda a praia e ao nível da baixa-mar e que provoca a rebentação da agitação marítima.

No entanto, verifica-se que a praia na periferia da Baía do Algodoeiro se encontra em equilíbrio, sendo controlada a sul pela Ponta Negra, que funciona como um esporão (Figura 20).



Figura 20 – Ponta Negra (sul da baía do Algodoeiro)

Assim, era fundamental que as intervenções a realizar assegurem não só a retenção das areias, evitando o seu transporte para sul, como também garantam a não interrupção do transporte sólido litoral para sul, ainda que, dadas as características do trecho costeiro em referência, tal transporte seja residual.

Foram estudadas diferentes hipóteses alternativas de soluções potencialmente a adoptar, constituídas tanto por dois quebramares convergentes, definindo uma lagoa interior, como por um quebramar destacado associado a um tómbolo no seu intradorso, as quais foram analisadas comparativamente em termos técnicos e económicos, com particular relevância no que se refere às condições de estabilidade da praia a criar, aos impactos sobre as zonas de praia adjacentes a barlamar e a sotamar e às efectivas condições balneares de acesso ao mar.

Com base na análise comparativa das soluções estudadas, segundo diferentes critérios, a solução projectada é a que se apresenta na Figura 21, a qual é constituída por dois esporões semi-convergentes, perpendiculares à praia, definindo entre eles uma bacia abrigada onde será criada uma praia por enchimento artificial de areia. A distância entre os respectivos enraizamentos, a sua configuração em planta e o seu comprimento, permitirá a criação de condições para a manutenção da estabilidade da praia a constituir no seu interior.

Os dois esporões, cujos enraizamentos ficam afastados cerca de 210 m, terão um comprimento total idêntico, da ordem de 147 m, o que, dada a curvatura da sua zona terminal, implica que o eixo de rotação das respectivas cabeças esteja a uma distância da ordem de 130 m relativamente à linha de praia actual. A distância entre as cabeças dos esporões será da ordem de 75 m (distância medida no nível médio), sendo que os extremos de ambos os esporões ficarão implantados em fundos da ordem de -5,00 m(ZT).

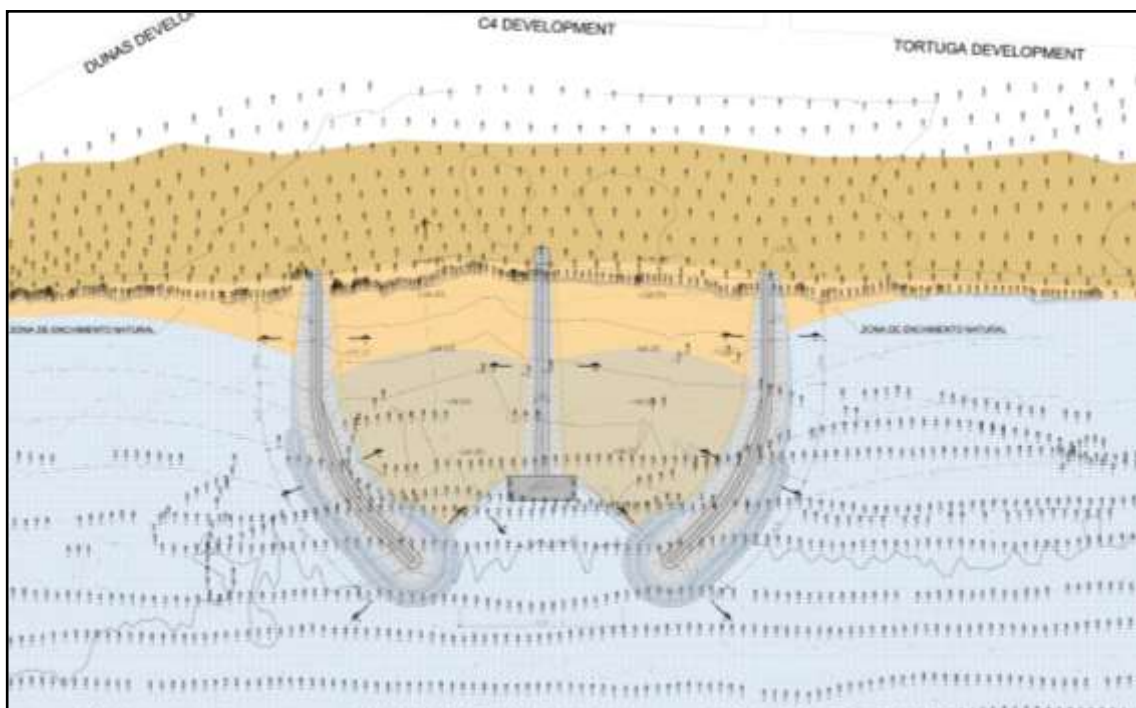


Figura 21 – Solução projectada. Planta geral

Entre os dois esporões será construído um septo central, coroado a uma cota de +2,50 m(ZT), para reduzir as oscilações planimétricas de equilíbrio da praia, função da direcção da agitação marítima incidente. Por razões funcionais, na extremidade deste septo central será construída uma plataforma vertical, a qual permitirá um acesso directo dos banhistas ao mar, já numa zona com um maior tirante de água, para além de permitir a acostagem eventual de pequenas embarcações utilizadas para as actividades de mergulho e marítimo-turísticas.

A fim de garantir a contenção da areia da praia a criar na zona abrigada pelos esporões e, ao mesmo tempo, reduzir o volume de areia necessário ao respectivo enchimento artificial, entre a cabeça de cada um dos esporões e a plataforma terminal do referido septo central, será construída uma soleira submersa com o coroamento à cota -2,00 m(ZT). Esta soleira será em enrocamentos seleccionados, ou, em alternativa, será constituída por um geotubo, com um diâmetro da ordem de 3,00 m, cheio de areia.

4.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ELEVAÇÃO DA SUPERFÍCIE LIVRE DO MAR NA ZONA ENVOLVENTE DA OBRA

Para a caracterização da elevação da superfície livre do mar na zona envolvente da obra, efectuou-se a propagação de quatro condições de agitação marítima, seleccionadas a partir dos resultados obtidos com o modelo regional na batimétrica -20,0 m (ZH). As características das ondas propagadas junto a esta batimétrica foram as seguintes:

Altura significativa <i>H_s</i>	Período médio <i>T_m</i>	Direcção <i>θ</i>
1,00 m	8 s	S 10°W S 30°W W 20°N W 40°N

A propagação foi efectuada com recurso ao modelo numérico MIKE21 BW, desenvolvido pela empresa DHI Water & Environment. Este modelo é denominado de modelo local, por abranger uma área relativamente pequena, e em que as profundidades correspondem a profundidades intermédias ou a águas pouco profundas: entre a batimétrica -20 m (ZH) e a linha de costa.

Nas Figuras 22 e 23 apresentam-se dois exemplos relativos aos resultados obtidos em termos de elevação da superfície livre do mar da propagação das ondas tanto na área envolvente como na área abrigada pelas obras projectadas.

Com base na análise dos resultados obtidos com recurso ao modelo utilizado, concluiu-se que, no interior da bacia formada pelos esporões convergentes, a elevação da superfície livre é praticamente independente da direcção da onda incidente.

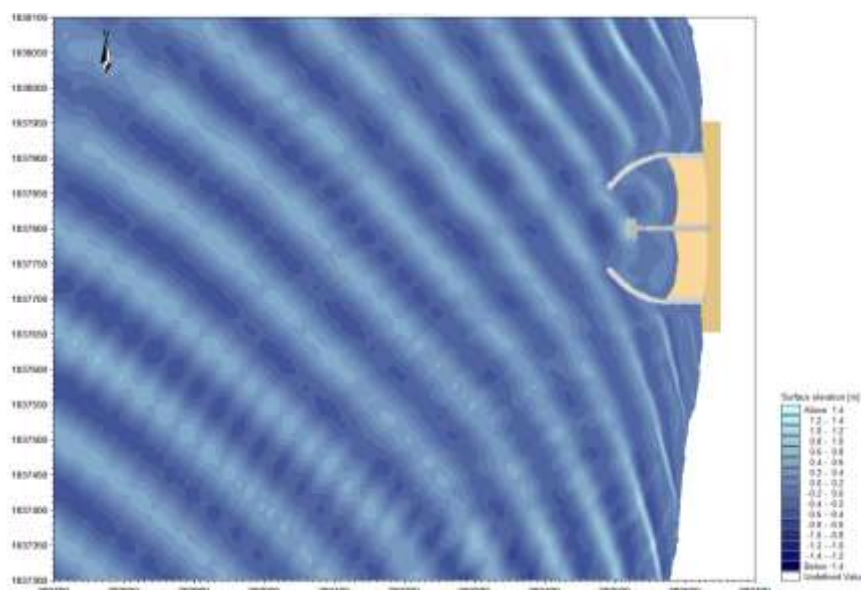


Figura 22 – Elevação da Superfície Livre. Onda incidente: $H_s = 1$ m, $T_m = 8$ s, $\theta = S 30^\circ W$

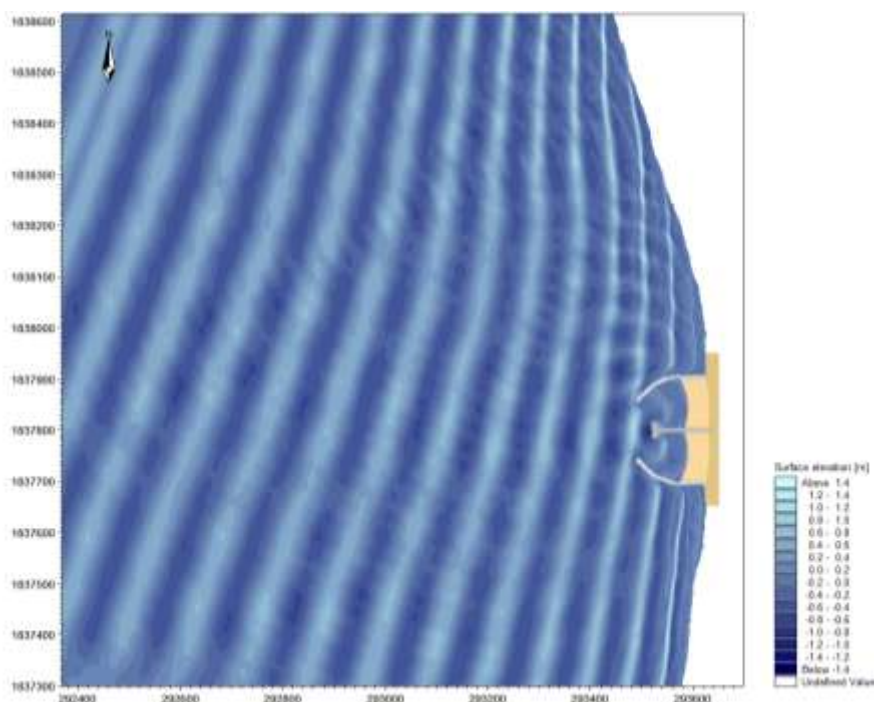


Figura 23 – Elevação da Superfície Livre. Onda incidente: $H_s = 1$ m, $T_m = 8$ s, $\theta = W 20^\circ N$

4.3 - CONFIGURAÇÃO DE EQUILÍBRIO DAS PRAIAS

A configuração planimétrica de uma praia tende a orientar-se paralelamente às cristas das ondas incidentes. Numa praia em que haja um rumo da agitação marítima incidente dominante e mais frequente é esse rumo que determina a respectiva configuração de equilíbrio médio, podendo, no entanto, ter algumas variações periódicas quando da ocorrência com alguma persistência de agitação com outras direcções. No entanto, devido ao efeito da refacção, as cristas das ondas tenderão a ficar paralelas à praia, independentemente do rumo ao largo e do período das ondas.

Estes aspectos são particularmente relevantes nas praias de difracção, como é o caso da praia a criar com base na solução projectada.

Com base nos resultados em termos da elevação da superfície livre da água do mar na zona adjacente da obra, foi possível avaliar a configuração das cristas das ondas nas zonas abrigadas pelas obras.

Dado que a configuração em planta da praia será, aproximadamente e em termos médios, semelhante à configuração das cristas das ondas incidentes foi possível estimar a configuração planimétrica média aproximada que a praia a criar tenderá a assumir.

De referir que, dadas as características planimétricas das obras de abrigo e de contenção da praia e os rumos das ondas incidentes, a praia a criar terá um comportamento típico de uma praia de difracção que na terminologia inglesa é designada por "pocket beach".

Admitindo que o enchimento da praia irá ser feito com areia com um diâmetro médio de 300 mm, pela aplicação do método de Dean determinou-se aproximadamente o perfil de equilíbrio da praia nas zonas abaixo do nível médio. De acordo com este critério admite-se que em perfil transversal o perfil de enchimento da praia, abaixo do nível médio [+0,80 m(ZH) \Leftrightarrow +0,00 m(ZT)] deverá ter uma inclinação máxima da ordem de 4%.

4.4- AGITAÇÃO NO LOCAL DA OBRA E DIMENSIONAMENTO DOS ESPORÕES

Com o objectivo de determinar as alturas de onda que atingem a zona de implantação das obras projectadas, para efeitos do seu dimensionamento, realizaram-se estudos de propagação da agitação em modelo matemático, tendo por base o regime de agitação ao largo atrás definido.

Após a caracterização do clima de agitação marítima ao largo apresentada na distribuição de probabilidade conjunta de H_s/T_p foram determinadas as alturas das ondas limitadas pelas profundidades na zona de implantação das obras.

Recorrendo ao método de Goda¹ calcularam-se, para duas profundidades de implantação das obras, as alturas significativas limites (H_s) das ondas, para os períodos médios (T_m) de 6, 8 e 10 s, considerando dois níveis de maré: +1,40 m(ZH) \Leftrightarrow +0,60 m(ZT) e +1,20 m(ZH) \Leftrightarrow +0,40 m(ZT), a altura de onda ao largo de 4,0 m e a inclinação média dos fundos adjacentes à obra de 2% (Quadro 4).

¹ Goda, Y. (1985). "Random Seas and Design of Maritime Structures – Cap. 3.5. University of Tokyo Press"

Quadro 4 – Alturas de onda significativa limite nas profundidades -5,2 m(ZH) ⇔ -6,0 m(ZT) e -4,2 m(ZH) ⇔ -5,0 m(ZT) na zona da obra

Nível de Maré	Batimétrica	T _m (s)	H _s (m)
+1,40 m(ZH) ⇔ +0,60 m(ZT)	-5,2 m(ZH) ⇔ -6,0 m(ZT)	6	3,7
		8	3,7
		10	3,9
	-2,2 m(ZH) ⇔ -3,0 m(ZT)	6	2,4
		8	2,4
		10	2,5
+1,20 m(ZH) ⇔ +0,40 m(ZT)	-5,2 m(ZH) ⇔ -6,0 m(ZT)	6	3,7
		8	3,7
		10	3,9

Assim, as alturas das ondas de projecto e os respectivos períodos adoptados no dimensionamento dos blocos do manto exterior de protecção dos esporões e na avaliação dos caudais médios de galgamento foram os seguintes:

- Dimensionamento dos blocos do manto exterior de protecção
 - ❖ No troço dos esporões entre o enraizamento e a profundidade da ordem de -2,2 m(ZH) ⇔ -3,0 m(ZT)
 - H_s = 2,4 m e T_m = 6 s;
 - H_s = 2,4 m e T_m = 8 s;
 - H_s = 2,5 m e T_m = 10 s.
 - ❖ No troço dos esporões entre a profundidade da ordem de -2,2 m(ZH) ⇔ -3,0 m(ZT) e a cabeça
 - H_s = 3,7 m e T_m = 6 s;
 - H_s = 3,7 m e T_m = 8 s;
 - H_s = 3,9 m e T_m = 10 s.
- Avaliação dos caudais de galgamento
 - H_s = 3,7 m e T_m = 6 s;
 - H_s = 3,7 m e T_m = 8 s;
 - H_s = 3,9 m e T_m = 10 s.

a) Dimensionamento estrutural

Face às condições da agitação optou-se pela aplicação de blocos de enrocamento de 20 a 40 kN, nos troços dos esporões entre o enraizamento e a zona com profundidades da ordem de -2,2 m(ZH) ⇔ -3,0 m(ZT) e a utilização no manto exterior de blocos de betão Accropodes II com peso unitário de 47 kN (2 m³), no troço entre a profundidade da ordem de -2,2 m(ZH) ⇔ -3,0 m(ZT) e a respectiva cabeça.

A opção pelos Accropodes II deve-se ao facto de não ser possível obter nas pedreiras em exploração na Ilha do Sal enrocamentos com uma gama de pesos elevada que no caso de se ter optado por um manto de enrocamentos eles deveriam ser de um peso da ordem de 140 kN e, por outro lado, a adopção deste tipo de blocos permite que o manto exterior de protecção

seja constituído por uma única camada. Por outro lado, é este tipo de blocos que se encontra aplicado no molhe exterior do Porto da Palmeira, o qual se localiza a Norte deste empreendimento, havendo a registar o respectivo bom comportamento.

Na figura seguinte (Figura 24) apresenta-se os perfis transversais da parte mais avançada dos esporões e da respectiva cabeça.

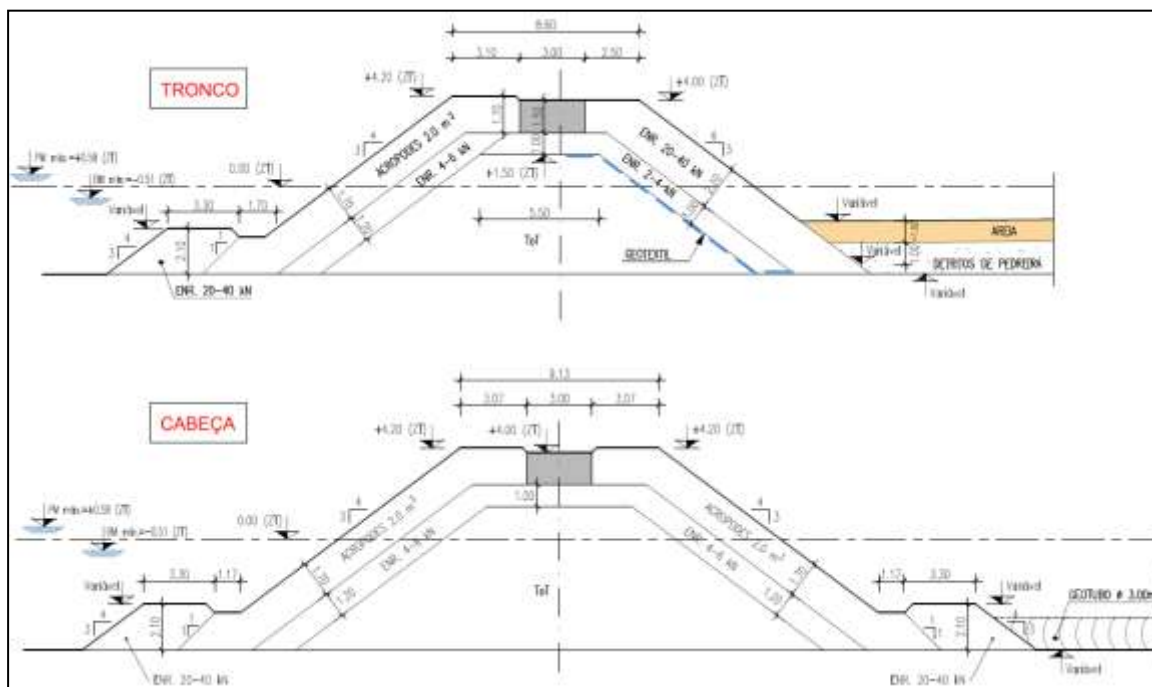


Figura 24 – Perfis transversais da parte mais avançada dos esporões

b) Avaliação dos galgamentos

Tendo em conta que o troço dos esporões mais expostos à agitação marítima é entre a cabeça [implantada na batimétrica -5,0 m(ZT) \Leftrightarrow -4,2 m(ZH)] e a profundidade da ordem de -2,2 m(ZH) \Leftrightarrow -3,0 m(ZT), avaliaram-se os riscos de galgamento nestas zonas.

Para o efeito, consideraram-se as características em perfil transversal dos esporões, nomeadamente, a cota e a largura da respectiva berma superior, a inclinação do talude e as características da onda de projecto (altura significativa e período), tendo-se avaliado o caudal médio de galgamentos para as condições de agitação consideradas.

A verificação do galgamento foi efectuada através da “toolbox NN_OVERTOPPING2” recomendada pelo Programa Europeu CLASH (Crest Level Assessment of Coastal Structures by Full Scale Monitoring, Neural Network Prediction and Hazard Analysis on Permissible Wave Overtopping) a qual é baseada na análise de redes neuronais.

No Quadro 5 apresentam-se os valores calculados dos caudais médios de galgamento por metro linear nas zonas mais expostas à agitação marítima dos esporões e os caudais considerando os intervalos de confiança entre 2,5% e 97,5%, bem como os caudais esperados no protótipo (q').

Face aos valores obtidos conclui-se que o caudal médio de galgamento apenas atinge valores máximos relativamente elevados em situações de temporal com uma altura de onda significativa de $H_s=3,9$ m e período médio $T_m=10$ s, as quais têm uma probabilidade de ocorrência relativamente baixa. No caso de temporais com ondas de período igual ou inferior a 8 s os níveis de galgamento das obras são relativamente reduzidos.

Quadro 5 - Caudal médio de galgamento por metro linear de estrutura (l/s/m).

Nível de maré +1,20 m(ZH) ↔ +0,4 m(ZT)

H _s (m)	T _m (s)	β(°)	q	q'
3,7 ⁽¹⁾	6	0	3,27 [0,19 ; 39,83]	3,40
		15	3,56 [0,20 ; 50,84]	3,66
		30	2,76 [0,17 ; 43,49]	2,92
		45	1,80 [0,092 ; 36,05]	2,05
3,7 ⁽¹⁾	8	0	14,03 [0,89 ; 174,4]	14,03
		15	13,88 [0,74 ; 193,4]	13,88
		30	9,64 [0,51 ; 133,2]	9,64
		45	5,60 [0,27 ; 96,13]	5,63
3,9 ⁽¹⁾	10	0	63,76 [4,56 ; 748,2]	63,76
		15	60,59 [3,60 ; 793,7]	60,59
		30	39,61 [1,81 ; 587,4]	39,61
		45	21,91 [0,90 ; 451,4]	21,91

⁽¹⁾ Altura de onda compatível com a profundidade.

No entanto, dado poder-se colocar a questão sobre em que medida tais níveis de galgamento, e a respectiva frequência, poderem afectar a estabilidade da praia de areia que será criada entre os dois esporões, foi decidido realizar ensaios em modelo físico tridimensional com fundo móvel para a se poder avaliar correctamente as condições de equilíbrio e de estabilidade da praia (*Nota: Estes ensaios serão realizados em breve no LNEC*).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados a solução projectada permitirá a criação de uma praia de difracção estável no interior da bacia definida pelos dois esporões convergentes.

Tendo em consideração avaliação efectuada do transporte longitudinal potencial de sedimentos, concluiu-se que as repercussões a prazo sobre a linha de costa a norte (barlamar) e a sul (sotamar) não serão significativas. Tal conclusão deve-se ao facto da praia na periferia da Baía do Algodoeiro se encontrar em equilíbrio, sendo controlada pela Ponta Negra, que funciona como um esporão, e, fundamentalmente, devido ao transporte sólido litoral ser bastante reduzido por não existirem fontes aluvionares no trecho de costa em referência. A única fonte aluvionar neste trecho costeiro, para além da areia transportada pelo vento e de uma pequena linha de água localizada a norte, mas que só tem algum caudal quando da ocorrência de períodos de forte pluviosidade, o que acontece raras vezes, é a própria praia quando da ocorrência de temporais em que se verifica a erosão do talude da praia acima da baixa-mar, situação que é patente na existência de um talude com uma forte inclinação na transição da bancada rochosa com a berma da praia. No entanto, a capacidade erosiva desta praia é limitada dada a existência da bancada rochosa que se desenvolve de uma forma

praticamente contínua ao longo de toda a praia e ao nível da baixa-mar e que provoca a rebentação da agitação marítima.

Nas figuras seguintes (Figuras 25 e 26) apresenta-se uma antevisão da solução projectada.



Figura 25 – Antevisão da solução projectada. Vista geral



Figura 26 – Antevisão da solução projectada. Vista da cabeça do esporão sul

Como nota final, é de referir que esta obra foi objecto de Avaliação de Impacto Ambiental, tendo sido emitida a respectiva Declaração de Impacto Ambiental (DIA) favorável, pelo que esta obra já foi formalmente aprovada pelo Governo da República de Cabo Verde. O início da respectiva construção está previsto para Fevereiro de 2014.