



TERMINAL MARÍTIMO E REESTRUTURAÇÃO DA AVENIDA MARGINAL DE PONTA DELGADA

José Pedro Fernandes, Miguel Robert, Pedro Martins

Consulmar – Projectistas e Consultores, Lda.
Av. Joaquim António de Aguiar, 27-9º. 1099-062 Lisboa
jpedro.fernandes@consulmar.pt, mrobert@consulmar.pt, pedro.m@consulmar.pt

RESUMO

O crescimento verificado no porto de Ponta Delgada no movimento de cruzeiros turísticos e de transporte de passageiros inter-ilhas conduziu à necessidade de criar um terminal especializado para esta actividade.

Realizaram-se estudos em modelo matemático para caracterização da agitação marítima e condições de vaga no interior do Porto, na situação actual e para diversas localizações e configurações do Terminal. A solução final seleccionada foi ainda submetida a ensaios de agitação e galgamento no LNEC, em modelo reduzido.

O novo Terminal Marítimo constitui uma plataforma que avança sobre o mar, com configuração em T, enraizado na Av. Marginal frente à igreja de S. Pedro e permitirá a criação de um conjunto de estruturas associadas de apoio ao lazer e às actividades de recreio náutico e marítimo-turísticas, estendendo-se ao longo de toda a marginal. A frente acostável dispõe de postos a fundos de serviço de (-11 m)ZH para navios de cruzeiro até 250m de comprimento e para navios ferries com comprimentos da ordem de 100m.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O Porto de Ponta Delgada

O Porto de Ponta Delgada, localizado na costa sul da ilha de S. Miguel na Região Autónoma dos Açores é um porto artificial constituído por um quebra mar que se dispõe de Poente para Nascente, encerrando uma bacia de cerca de 67 ha de área que é definida pela Avenida Marginal Infante D. Henrique (frente urbana), o castelo de S. Brás (saco do porto) e o molhe de abrigo. No saco do porto foi recentemente construído o sector



Fig. 1A – Planta do Porto de Ponta Delgada

da pesca, dispondo de duas pontes-cais. As frentes acostáveis desenvolvem-se no tardo do molhe em cais aderentes de estrutura contínua, distribuindo-se a partir do enraizamento segundo troços a fundos de serviço até (-6 m)ZH, (-10 m)ZH e (-12 m)ZH, com comprimentos na ordem de 365 m, 273 m e 575 m, respectivamente. O porto dispõe ainda de uma marina com capacidade para cerca de 160 embarcações, actualmente lotada.

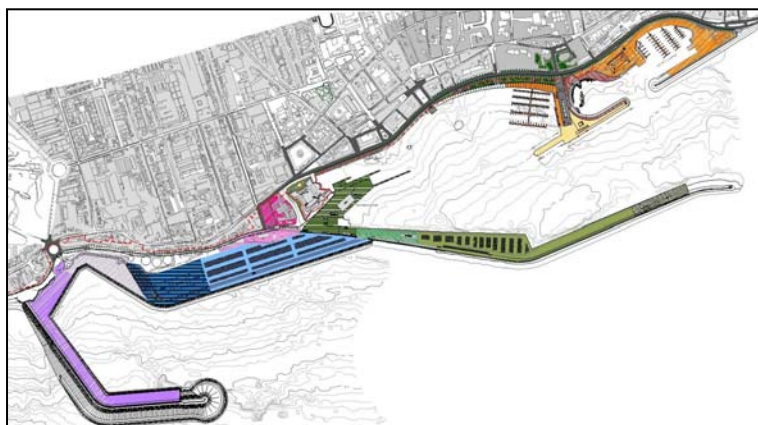
As funções portuárias em Ponta Delgada podem escalar-se, em termos da sua importância estratégica, deste modo: em primeiro lugar, como sector vocacional e prioritário, estará a actividade comercial, seguida do transporte de passageiros, quer se trate de cruzeiros turísticos quer do transporte inter-ilhas. O sector das pescas tem ainda alguma importância, nomeadamente a sua vertente mais industrial e, por último, o recreio náutico e a actividade marítimo-turística, sector em franca expansão.

1.2 O novo Terminal de Cruzeiros e sua integração no Plano Director Portuário

Tem-se verificado uma tendência generalizada das cidades com portos de reequacionarem o seu ordenamento, atendendo por um lado, a nível portuário, às novas tecnologias e maiores exigências ao nível operacional, de segurança e ambiental e por outro, à crescente procura para fruição lúdica das frentes urbanas de mar, objecto de processos de requalificação urbanística e arquitectónica. Neste contexto, as actividades associadas ao recurso mar, como sejam os cruzeiros turísticos, a náutica de recreio, a restauração e animação, entre outras, apresentam novas exigências funcionais mas exigem também novas relações com os espaços urbanos envolventes no que respeita, mais directamente, às acessibilidades, ao estacionamento, ao reordenamento paisagístico, etc., mas também à sua integração no sistema urbano da oferta turística e de lazer, as zonas de alojamento turístico, a rede de transportes públicos, os equipamentos culturais, etc.

Os sectores associados ao transporte de passageiros requerem uma especial atenção, no que respeita à envolvente terrestre e marítima. Sendo um sector relativamente recente, todos os portos da Região se debatem com alguns problemas de compatibilização desta actividade com as actividades tradicionais, associadas principalmente ao transporte marítimo e à pesca. A questão dos cruzeiros turísticos e do transporte de passageiros inter-ilhas no Porto de Ponta Delgada, assume uma dificuldade acrescida pelo forte incremento que se tem verificado nesta actividade, nos últimos anos. Se, por um lado, as condições que o porto actual pode oferecer a esta actividade são muito deficientes, com forte reflexo negativo na sua promoção, por outro, o crescimento desta actividade é gerador de conflitos operacionais com outras actividades do porto, em particular com a movimentação de contentores e de granéis, dada a proliferação de pessoas e veículos que se misturam com os equipamentos mecânicos em manobra.

Os estudos realizados ao nível do Plano Director mostraram que, mesmo para cenários de desenvolvimento baixo e para o curto prazo (2010), são previstas já cerca de 200 escalas anuais de navios de cruzeiro e de transporte de passageiros inter-ilhas, com ocupação média de 1 dia útil de cais, sujeitas ainda a forte sazonalidade. As projecções para o horizonte do estudo (2020) apontam para a perspectiva de estadias simultâneas de 2 navios deste tipo, em grande parte do tempo, sendo óbvias as graves limitações à normal exploração do porto que esta situação poderá acarretar, para além da insegurança e incomodidade que recairia sobre os passageiros e turistas que utilizem este meio de transporte.



LEGENDA

UNIDADES OPERATIVAS DE PLANEAMENTO E GESTÃO

<p>UOPG 1 - PORTO COMERCIAL E DE PESCA ACTUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - ZONA DE CONTENTORES E CARGA GERAL - ZONA AFECTA À NATO - SECTOR DA PESCA (FUTURAS INSTALAÇÕES) - SECTOR DE SERVIÇOS MARÍTIMO PORTUÁRIOS 	<p>UOPG 3 - NOVO TERRAPLENO DE APOIO AO SECTOR COMERCIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - ZONA PARA PARQUEAMENTO DE CONTENTORES - ZONA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS
<p>UOPG 2 - MARINA ACTUAL E NOVO TERMINAL MARÍTIMO E REESTRUTURAÇÃO DA AV. MARGINAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - RECREIO NÁUTICO - TERMINAL DE PASSAGEIROS - EQUIPAMENTOS CULTURAIS / ZONAS COMERCIAIS E LÚDICO RECREATIVAS 	<p>UOPG 4 - ZONA TÉCNICO ADMINISTRATIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> - SECTOR DE SERVIÇOS TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS - RECONVERSÃO URBANÍSTICO-PORTUÁRIA <p>UOPG 5 - NOVO TERMINAL DE GRANÉIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - TERMINAL DE GRANÉIS - ZONA DE EXPANSÃO PARA ACTIVIDADES LOGÍSTICAS - SECTOR DE PESCA INDUSTRIAL

Fig. 1B – Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona envolvente

1.3 Alternativas de implantação do Terminal Marítimo

Tendo em vista a criação de condições favoráveis à actividade do transporte de passageiros e à libertação do cais actual da "invasão" de pessoas e veículos de transporte individual e colectivo que afluem ao cais, sempre que um navio deste tipo acosta, foram equacionadas soluções alternativas para o desenvolvimento do porto, retirando estes tráfegos da actual área portuária, transferindo-os para um terminal especializado para esta actividade, ligado directamente à Av. Marginal, arrancando frente à Praça de Gonçalo Velho (Figura 2C esq.), retomando soluções já encaradas em estudos anteriores.

Posteriormente, foi encarada uma outra solução, visando a reformulação desse novo terminal de passageiros, com uma relação ainda mais estreita com o espaço urbano, mais para Nascente, garantindo um menor impacto com a Zona Histórica da cidade. Esta nova plataforma avança sobre o mar, perpendicular à Av. Marginal, agora frente à igreja de S. Pedro, com uma relação muito mais evidente com a marina e o espaço lúdico já existente das piscinas, dispondo de apoios adequados às funções mais directamente ligadas ao apoio aos passageiros dos cruzeiros e transportes inter-ilhas, bem como um conjunto de estruturas de apoio ao lazer e às actividades de recreio náutico e marítimo-turísticas (Figura 2C dir.).



Fig. 1C – Plantas de localização de duas soluções alternativas para o Terminal de cruzeiros de Ponta Delgada

As perspectivas muito favoráveis apontadas no Plano Director para o sector do recreio náutico e para a actividade marítimo-turística, em Ponta Delgada, encontram ainda nesta proposta, concebida para a solução dos problemas inerentes ao transporte de passageiros, uma resposta cabal às solicitações que se equacionaram, a médio e longo prazo, para estes sectores de actividade. Com efeito, na solução proposta, aproveitando o abrigo conferido por estas estruturas, foi concebida a instalação de estruturas flutuantes para estacionamento de embarcações de recreio náutico, a poente do travessão, com uma capacidade para cerca de 500 postos de amarração e apoios específicos para a actividade marítimo-turística, incluindo infra-estruturas de acostagem para as embarcações que se dedicam a esta actividade.

As infra-estruturas portuárias darão suporte a um importante conjunto de edifícios e arranjos exteriores associados, dos quais se destacam a Gare Marítima, o Pavilhão do Mar, um parque de estacionamento subterrâneo e passeios marginais. Todo o conjunto foi submetido, em fase de Estudo Prévio, a Estudo de Impacte Ambiental (EIA), do qual saiu como principal recomendação a redução da volumetria dos edifícios. Esta redução, implementada em fase de Anteprojecto, envolveu não só uma redistribuição dos volumes edificadas como também o abaixamento das suas cotas, reflectindo-se por sua vez na cota máxima da plataforma-cais do Terminal e, por conseguinte, no projecto hidráulico-estrutural correspondente.

Em fase de Projecto de Execução foi elaborado o respectivo Relatório de Conformidade Ambiental (RECAPE), no qual foi proposto um vasto conjunto de medidas de gestão ambiental relacionadas sobretudo com os domínios da qualidade da água e ar, ruído e gestão de resíduos.

2. CONDIÇÕES NATURAIS

2.1 Topo-hidrografia e Geologia

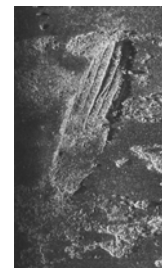
O Porto de Ponta Delgada situa-se na costa sul da Ilha de S. Miguel, enraizado na ponta poente da baía sobre a qual a cidade se estende e abrigado por molhe com aproximadamente 1550 m de comprimento, definindo uma bacia de 67 ha. O molhe orienta-se segundo W-E, sendo composto por dois troços, denominados de “Nacional” e “NATO”, do enraizamento para a cabeça. No tardoz, o molhe é revestido por mais de 1300 m de cais vertical, sendo protegido por muro-cortina. A Norte fica situada a Marina, cujo molhe de abrigo define com a cabeça do molhe principal uma abertura para entrada no Porto com cerca de 300 m, virada a nascente. A poente da Marina fica o terraplano do complexo de Piscinas de S. Pedro. A Avenida marginal é protegida por muro deflector, terminando no saco do porto, junto ao terraplano e pontes-cais do sector da pesca, limite poente da bacia que dista mais de 1 km da entrada da Marina.

A batimetria exterior é aproximadamente paralela, acompanhando o traçado da linha de costa, segundo WSW-ENE. A inclinação dos fundos varia entre 8% e 4%, de (-100 m)ZH a (-20 m)ZH. A batimétrica (-10m)ZH surge imediatamente a barlamar da Marina, “entrando” no Porto afastada de cerca de 250 m, em relação ao cais NATO. A poente das piscinas, surge um conjunto de baixios rochosos que se prolongam até cerca de um terço da largura da bacia portuária, para logo depois aprofundarem. É sobre esta zona que será fundada a infra-estrutura do novo Terminal.



Fig. 2A – Localização e topo-hidrografia do Porto de Ponta Delgada

A Ilha de S. Miguel é totalmente de origem vulcânica. Em Ponta Delgada predominam as formações piroclásticas (especialmente de pedra-pomes), muito desagregáveis, porém, na área abrangida pelo novo Terminal, deverão aflorar rochas compactas com origem em escoadas de lavas basálticas, escoriáceas e com superfície muito irregular. Para caracterização das condições de fundação do novo Terminal, foi avaliada a morfologia, natureza do fundo e possança do coberto sedimentar em área de 12,5 ha, através de levantamento com sonar lateral e reflexão sísmica, assim como de recolha de amostras, realizados pela Divisão de Geologia Marinha do Instituto Hidrográfico (IH). Nesta prospecção, foi detectado casco de embarcação com cerca de 60 metros de comprimento, a remover com o acompanhamento de especialistas em arqueologia náutica e subaquática.



A partir dos perfis de reflexão sísmica foi elaborado mapa de isópacas, mostrando um tecto rochoso muito irregular, depressões preenchidas com bolsadas de sedimentos de espessura variável até 7 m e, na zona de implantação do Terminal, um grande afloramento rochoso, marginado por coberto sedimentar com possança média inferior a 0,5 m. A análise granulométrica das amostras de sedi-

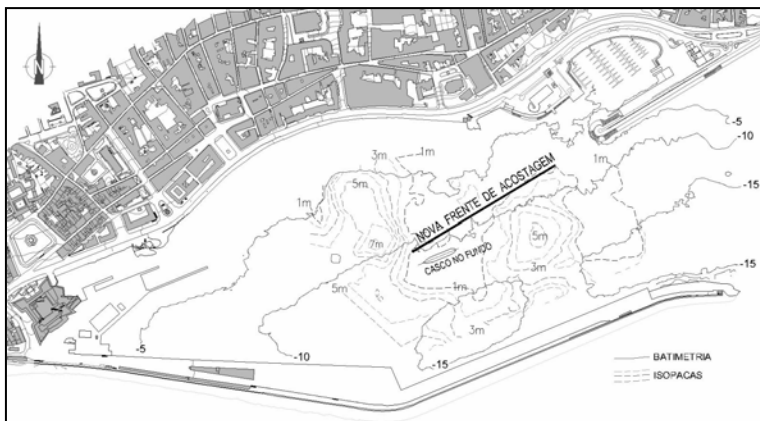


Fig. 2B – Mapa de Isópacas do Porto de Ponta Delgada



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

mentos superficiais mostrou tratarem-se de areias muito finas e bem calibradas. Em algumas zonas existirá uma fracção menor de cascalho.

Esta ilha situa-se numa zona de elevada sismicidade (máximo coeficiente de sismicidade, pela legislação em vigor), sede de numerosos epicentros (periodicidade da ordem de 10 anos). Dada a natureza rochosa compacta dos fundos da área de intervenção (o coberto sedimentar existente será dragado), as acelerações serão máximas, prevendo-se valores na gama de 180 a 240 cm/s², para período de retorno de 1000 anos.

2.2 Meteorologia e Oceanografia

As marés no Arquipélago dos Açores são do tipo semi-diurno regular, apresentando nível médio a (+1,0 m)ZH. De acordo com previsões elaboradas pelo IH para período superior a um ciclo nodal, com base em re-gistos maregráficos realizados no Porto de Ponta Delgada, neste local as preias-mares e baixas-mares médias têm alturas de água de (+1,5 m)ZH e (+0,5 m)ZH, respectivamente. Em águas-vivas estes valores têm variação média de ±0,2 m e máximos relativos a (+2,0 m)ZH e (+0,1 m)ZH.

Sob condições meteorológicas anómalas, ventos fortes ou grandes perturbações da pressão atmosférica, a componente meteorológica da altura de água poderá sofrer variações significativas, induzindo o aumento ou diminuição das cotas previstas. Variações acima de 0,3 ou 0,4 m, quando associadas a depressões, podem ser consideradas raras.

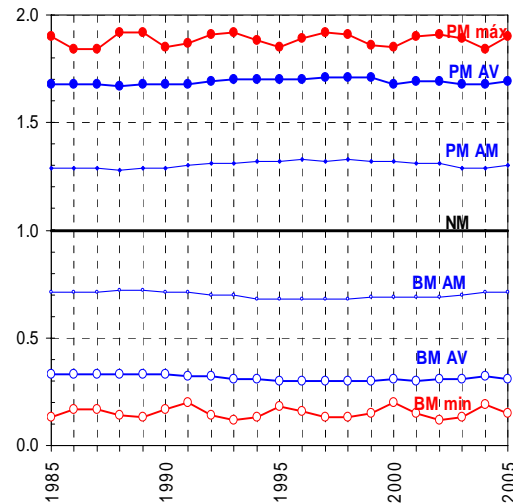
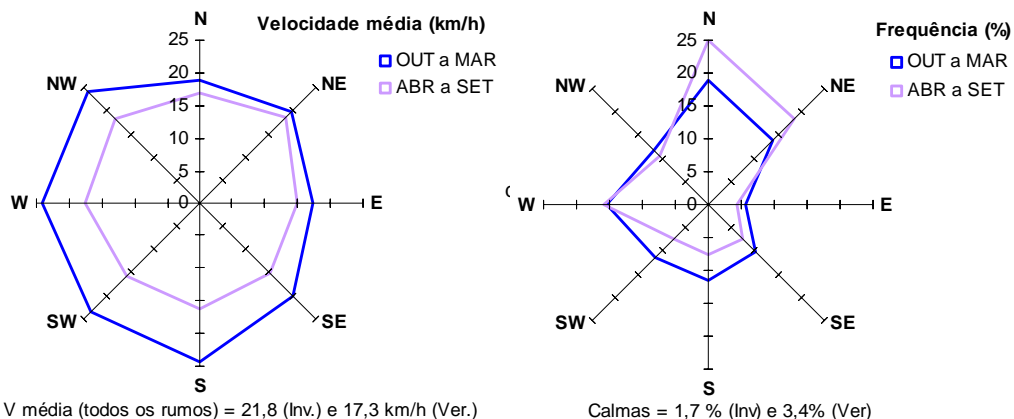


Fig. 2C – Maré anual astronómica (m.ZH) em Ponta Delgada, sob condições meteorológicas médias

Segundo o IH, as correntes de maré no exterior do porto, que na vazante correm para W e na enchente para E, paralelamente à costa, regra geral não excedem 1 nó. No interior, a influencia destas correntes é diminuta (excepto junto à cabeça do molhe), pelo que foram desprezadas.

Tendo por base os registos tri-horários de ventos (médias em 10 min.) medidos na Estação Meteorológica de Ponta Delgada num período de 15 anos (1971-85), foi definido o regime de ventos local, caracterizado por uma grande uniformidade de velocidades por rumo, com maiores valores no período de Inverno “marítimo”, tanto mais quanto mais para W-SW se rodar. No cômputo anual, os ventos reinam de N-NE e W, embora no “Inverno” as diferenças sejam menores. Os rumos W e N dominam. Em termos mensais, a relação entre valores máximos e médios de velocidades é de 2 a 4, sendo a maior velocidade medida inferior a 80 km/h.



A localização do Porto de Ponta Delgada na costa sul da Ilha de S. Miguel confere-lhe abrigo natural para toda a agitação proveniente do sector W-N-NE, de onde provêm as maiores e mais frequentes tempestades. O molhe do Porto confere um abrigo adicional face a ondas de SW a S. A intensidade da agitação local proveniente de W-SW é bem visível através dos galgamentos a que o molhe é por vezes sujeito. O regime de agitação ao largo de S. Miguel foi caracterizado através dos resultados do modelo de "hindcast" do Instituto Meteorológico Britânico (UKMO), cobrindo um período de cerca de 25 anos de dados (1978 a 2002). Estes dados foram transferidos, por refração espectral, para um ponto à entrada do Porto, assim se definindo as condições de agitação que se poderão propagar para o seu interior.



Quando se considera a resultante das componentes de vaga e ondulação ao largo, este local apenas é atingido em cerca de 60 % dos casos, a menos de uma percentagem correspondente a vaga de ventos estritamente locais (não abrangidos pelo modelo de "hindcast"). Os rumos mais frequentes incidem de WSW a SW, verificando-se picos secundários para S e ESE. Em média, cerca de 80 % das ondas locais têm altura significativa (H_s) inferior a 1 m, sendo de 3 e 0,4 % a frequência de alturas superiores a 3 e 5 m. Os períodos de pico (T_p) de 6 a 8 s predominam. As maiores alturas anuais distribuem-se pelos rumos SW a SE, com um máximo de 8,7m no sextante SSW e associadas a períodos de pico entre 8 e 14 s. O regime de ondas é sazonal, exibindo maiores alturas e períodos no Inverno marítimo.

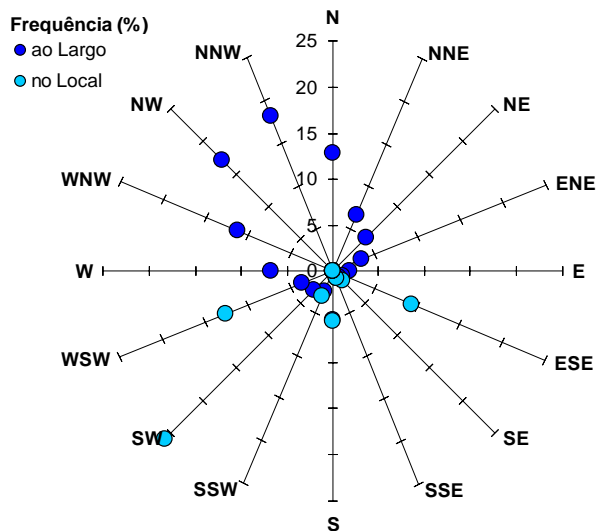


Fig. 2E – Diagrama de frequências de ondas por rumo, ao largo e em Ponta Delgada

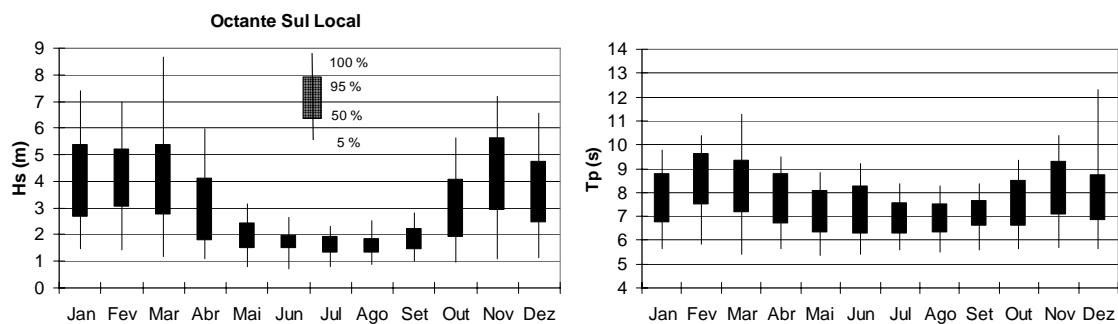


Fig. 2F – Sazonalidade do regime de ondas local, para o rumo Sul

Para análise de valores extremos foram ajustadas distribuições de amostras de valores máximos anuais e de frequências de alturas significativas (H_s) a diversas distribuições teóricas (Gumbel, Weibull3P, etc.), por sectores de rumos de várias amplitudes. A extrapolação para períodos de retorno de 50 a 100 anos, mostrou intervalos de variação de alturas na ordem de 0,5 m a 1,0 m. Dada a importância da obra e tendo em conta os testes de ajuste realizados, considerou-se uma onda de projecto à "entrada" do porto com 100 anos, caracterizada por $H_s=8,0m$ (valor compatível com os fundos à entrada do porto) e rumo SE (mais desfavorável, gerador de maiores ondas no interior do porto).

Para definição das condições de agitação no interior do porto, foram utilizados modelos de propagação mais evoluídos, matemático e físico, descritos no capítulo seguinte.

3. CONCEPÇÃO GERAL E ANTEPROJECTO

3.1 Localização e configuração estrutural seleccionadas

O novo Terminal de cruzeiros de Ponta Delgada terá fundos de serviço a (-11 m)ZH e será localizado imediatamente a poente da actual Marina (protegendo-a da vaga local de W-SW), no alinhamento do seu molhe de abrigo, em plataforma avançada em forma de “T”, definindo com a cabeça daquele um canal de acesso com cerca de 80 m de largura.

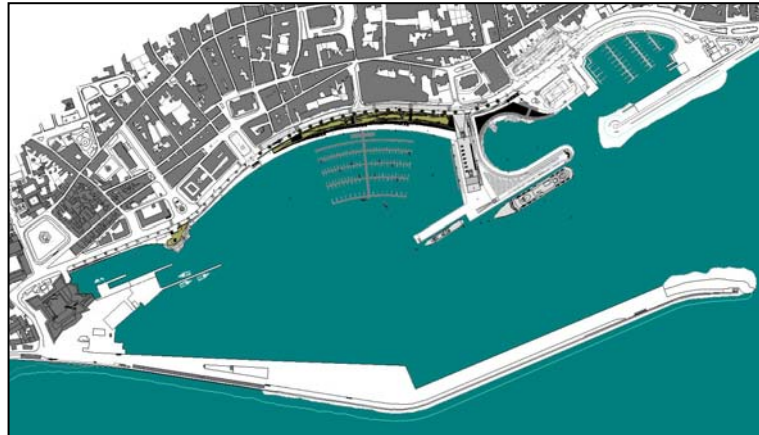


Fig. 3A – Planta de arranjo geral do anteprojecto do novo Terminal

A localização seleccionada para o novo Terminal decorreu do cruzamento e optimização das necessidades operacionais das estruturas portuárias, da integração no espaço urbano envolvente e dos condicionamentos impostos pela hidro-morfologia local. Salienta-se em particular a necessidade de afastamento dos sectores comercial e da pesca, assim como do centro histórico da cidade, a poente, espaços sobre-saturados e com usos distintos e conflituosos. Este afastamento constitui, por outro lado, uma oportunidade para a valorização e dinamização do espaço marginal a nascente, actualmente algo desaproveitado e descaracterizado. A configuração em “T” do Terminal, permitirá a criação e abrigo no seu tardoz de uma nova marina a poente, solário e piscina a nascente, assim como de um passeio marginal inferior, ligando o Cais da Sardinha às piscinas de S. Pedro. A avenida marginal será prolongada para Sul, através da criação de espaços públicos de lazer, em jardim ou passeio, assim como de parque de estacionamento subterrâneo. No terraplino do terminal serão fundados o edifício da gare marítima e o Pavilhão do Mar, um edifício polivalente que incluirá no topo um anfiteatro ao ar livre.

Esta localização do Terminal, porém, apresenta-se mais exposta às ondas oriundas do exterior, obrigando ao estudo em modelo matemático e físico de uma configuração especial com baixo coeficiente de reflexão e à adopção de disposições construtivas e operacionais apropriadas à agressividade do meio. A orientação dada à frente de acostagem traduz já essa preocupação.

No que respeita à configuração estrutural, pretendeu-se criar uma estrutura que fosse algo “transparente” às ondas e tão dissipadora quanto possível, diminuindo o seu potencial reflector, mas mantendo um grau de abrigo suficiente nos planos de águas situados no seu tardoz. Este objectivo pode ser atingido através de uma infra-estrutura em caixotões perfurados e descontínuos. A descontinuidade permitirá a transmissão parcial de energia e a perfuração maximizará a sua dissipação, parcelas que serão assim subtraídas à zona de reflexão.



Fig. 3B – Planta da estrutura do Terminal

Importantes condicionamentos técnico-paisagísticos ligados ao projecto dos edifícios a situar sobre a superestrutura (cota máxima da cobertura e pé direito mínimo) e à operacionalidade dos cais (tirante de ar para circulação de veículos e equipamentos portuários, sob os portalós), ditaram a fixação de cota de coroamento relativamente baixa, a (+3,5 m)ZH, para a plataforma cais, cujo trabalho dependerá assim das condições meteo-oceanográficas locais e do seu grau de previsão.

3.2 O conceito hidráulico-estrutural

O conceito de caixotões perfurados, originalmente proposto por Jarlan em 1961 como estrutura de baixo coeficiente de reflexão, começou por ter grande aplicação e desenvolvimento no Japão, só nas últimas décadas se vindo a assistir à construção de alguns protótipos na Europa. Desenvolvimentos mais recentes, no âmbito do projecto de investigação europeu PROVERBS, entretanto concluído, denunciam grande interesse nas potencialidades deste tipo de estruturas, estando em construção ou previstos diversos exemplos de aplicação.

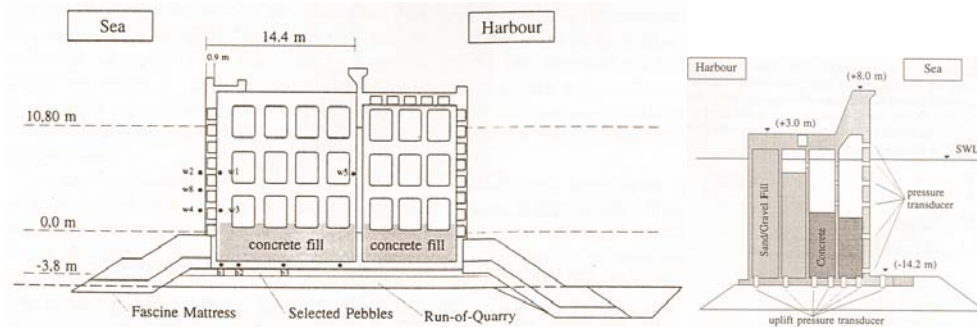


Fig. 3C – Quebramares de Dieppe (Bélgica) e de Porto Torres (Itália) [PROVERBS, 2001]

Tratam-se de estruturas em caixotão, dotadas de aberturas nas paredes mais expostas, por onde parte da agitação incidente é absorvida e parcialmente dissipada por turbulência em câmara interior formada por células vazadas, reflectindo-se a restante, desfasada da onda exterior incidente. A câmara pode igualmente ser dotada de paredes perfuradas interiores.

A dissipação e o desfasamento temporal, função da área aberta (“porosidade”, n) e das dimensões da câmara (sobretudo a transversal, B) relativamente às da onda incidente (comprimento, L), são os principais mecanismos atenuadores dos fenómenos hidráulico-estruturais presentes, em particular a altura de onda exterior (“clapotis” parcial, soma das energias incidente e reflectida) e a força total absorvida instante a instante.

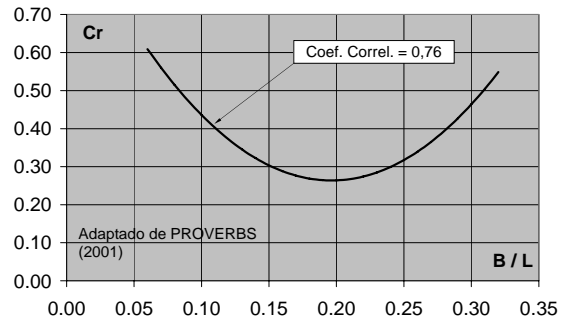


Fig. 3D – Coeficiente de reflexão de estruturas perfuradas

Assinalam-se como principais vantagens destas estruturas:

- Menor reflexão e transmissão das ondas incidentes, minimizando a intranquilidade do plano de água a barlar e maximizando o abrigo de um situado no tardoz;
- Menor galgamento do coroamento;
- Maior estabilidade global (embora a resistência e estabilidade local mereçam um cuidado redobrado);
- Menor volumetria de obra e, conseqüentemente, menor ocupação da área molhada portuária, menor impacte ambiental e, eventualmente, menor custo;
- Possibilidade de acostagem de navios e de trabalho na sua plataforma de coroamento, embora condicionada ao estado do mar;
- Possibilidade de integração de Infra-estruturas técnicas expostas como, por exemplo, centrais de aproveitamento de energia das ondas (CEO) e tomadas de água (a nível nacional, destaca-se a eventual incorporação de uma CEO na cabeça do futuro molhe Norte da Foz do Douro, assim como a captação recentemente construída no Terminal LNG de Sines).

Normalmente, os caixotões são colocados em fiada única contínua. No caso de Ponta Delgada, pelo contrário, eles serão colocados, em geral, de forma descontínua e em duas fiadas, com espaços intermédios abertos à expansão lateral dos volumes de onda absorvidos. Desta forma, espera-se aumentar as perdas por turbulência e minimizar a reflexão e galgamento da infra-estrutura acostável, assim como a transmissão para os planos de água abrigados no tardoz, efeitos potenciados ainda devido ao ângulo de ataque das ondas, na ordem de 20 a 45°.

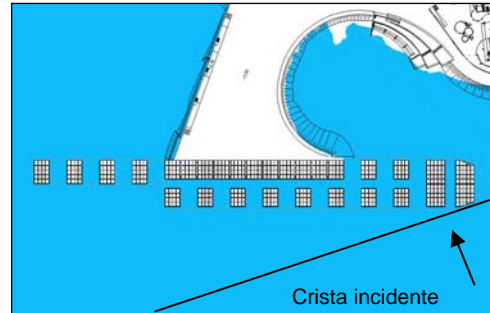


Fig. 3E – Planta da Infra-estrutura de caixotões

3.3 Estudos em modelo matemático e físico

Realizaram-se estudos em modelo matemático para caracterização da agitação marítima e condições de vaga no interior do Porto, na situação actual e para diversas localizações e configurações do Terminal. Os resultados obtidos contribuíram para a selecção da localização e concepção hidráulico-estrutural final da solução a desenvolver, fornecendo ainda informação indispensável para o seu dimensionamento.

Para propagação interior da agitação oceânica, foi utilizado o modelo não linear MOHID2D, desenvolvido pela Hidromod e baseado nas equações de Boussinesq, capaz de reproduzir fenómenos como a refacção, difracção, reflexão e rebentação das ondas, entre outros. Foram simulados os rumos mais desfavoráveis, SE e Sul à entrada do porto, períodos de 8 a 14 s e alturas de 1 e 4 m, numa malha de cálculo com 260 000 pontos e células de 4 m de lado.

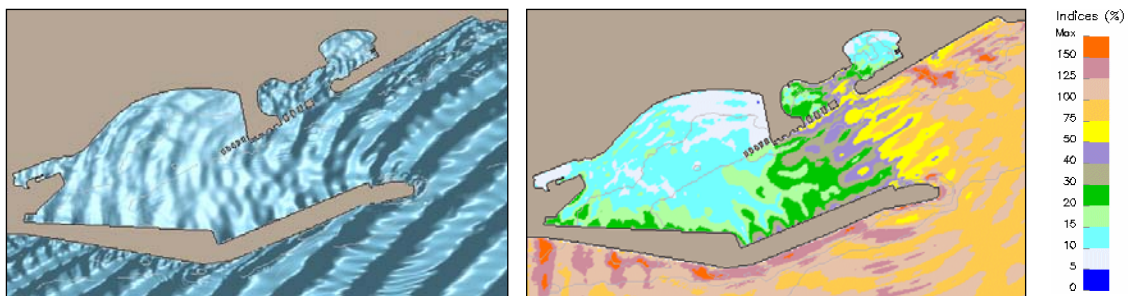


Fig. 3F – Instantâneo da evolução das cristas (esq.) e distribuição espacial de índices de agitação (dir.) em Ponta Delgada, para onda exterior de SE, altura 4 m e período 12 s (MOHID)

Para simulação da vaga local, em especial para ventos críticos de W e SW, recorreu-se a modelos paramétricos espectrais de geração, aplicáveis a situações de “fetch” e profundidade limitados, estudando-se o grau de abrigo conferido pelo novo Terminal face à situação actual.

A solução final seleccionada foi ainda submetida a ensaios de agitação e galgamento no LNEC, em modelo reduzido, para os rumos SE e Sul, períodos de 8, 11 e 14 s, e duas alturas representativas. Os ensaios decorreram em tanque de ondas com 34 m de comprimento por 20 m de largura, tendo sido reproduzida a totalidade da bacia portuária de Ponta Delgada, à escala geométrica de 1:60. No sentido de melhor estudar os fenómenos de reflexão, transmissão, galgamento e, dentro do possível, dissipação, foi dado um especial cuidado à representação da infra-estrutura do novo terminal.



Nos ensaios de agitação, que envolveram a situação actual e o novo Terminal, foram medidas as alturas e períodos de onda em praticamente todos os sectores portuários, numa malha de

27 pontos. Dado que o número de sondas disponíveis era muito inferior ao conjunto de pontos a medir e uma vez que os fundos não limitariam a altura das ondas, optou-se por simular ondas regulares e o nível médio da maré. Nos ensaios de galgamento, onde interessava a sua frequência de ocorrência, foi considerada agitação irregular com espectro de Jonswap, grupos de ondas e altura significativa variável entre 4 e 9 m, para três níveis de maré. Para melhor avaliação dos galgamentos do novo Terminal, este foi dividido em zonas características.

Os resultados obtidos vieram validar de uma forma geral os do modelo matemático. Esta comparação foi mais tarde estendida a outro modelo matemático, linear, DREAMS do LNEC, no âmbito de uma comunicação ao Simpósio WAVES2005, de que resultaram conclusões semelhantes. De referir que todos os modelos apresentavam limitações mais ou menos relevantes, inerentes à técnica própria e decorrentes das simplificações introduzidas.

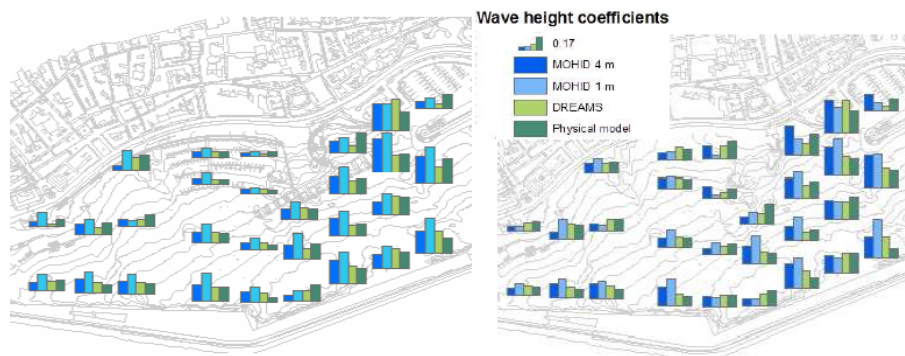


Fig. 3G – Comparação entre índices de agitação obtidos pelos modelos numéricos MOHID2D e DREAMS, e modelo físico do LNEC, com (esq.) e sem (dir.) Terminal, para onda exterior de Sul e período 14 s

Em conclusão, verifica-se um agravamento dos índices de agitação no chamado Cais Nato. O agravamento introduzido, porém, é mínimo e compatível com as condições de segurança e operacionalidade portuárias existentes.

Aplicando valores representativos dos índices de agitação correspondentes a cada parte de obra, obtiveram-se as ondas de projecto respectivas. Para o Terminal de cruzeiros foi considerada a incidência de um estado de mar de projecto com um período de retorno da ordem de 100 anos, caracterizado por H_s de 3 m, altura máxima de 5 m, período de pico de 14 s e um ângulo de ataque com a frente de acostagem de 20° .

A plataforma cais, sobretudo na sua extremidade nascente, será ocasionalmente galgada por lâmina de água, em condições de temporal de SE, associado a níveis de preia-mar, pelo que a sua operacionalidade poderá ser condicionada pelo estado do mar. Por este motivo, todas as aberturas no edifício da gare marítima viradas a Sul serão estanques.

4. BREVE DESCRIÇÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS PORTUÁRIAS

4.1 Arranjo geral

O cais do novo Terminal Marítimo desenvolver-se-á sensivelmente paralelo ao actual cais comercial distando deste cerca de 300 m. A frente acostável, situada sobre a actual batimétrica (-9,0 m)ZH, permitirá a acostagem de navios ferry e de cruzeiro nas zonas poente e nascente, correspondentes ao Terminal Inter-Ilhas e ao Terminal Turístico, respectivamente. A obtenção dos fundos necessários para as bacias de flutuação e de manobra no terminal turístico será realizada com dragagens de materiais, incluindo desmonte de rocha.

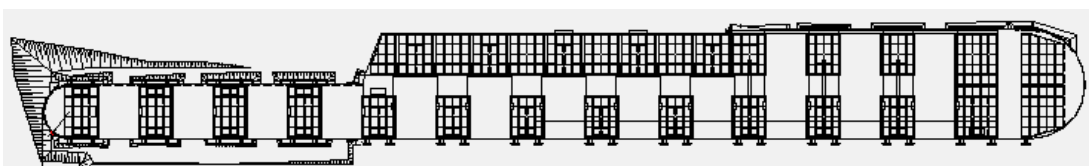


Fig. 4A – Planta do Terminal Marítimo



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

A frente acostável, com cerca de 380 m de comprimento e fundos de serviço máximos de (-11,0 m)ZH, será materializada com recurso a caixotões celulares de betão armado apoiados no fundo rochoso com interposição de prismas em enrocamento. Serão executados 29 caixotões implantados de forma a criar uma infra-estrutura aberta que atenua a agitação marítima local, contribuindo assim como dissipador de energia para as direcções das ondas que penetrem no interior do porto.



Fig. 4B – Alçado do Terminal Marítimo

De forma a maximizar o efeito dissipador de energia e assim diminuir as reflexões no interior do porto, as células do caixotões viradas à incidência das ondas, do lado sul, serão vazadas, possuindo as paredes exteriores aberturas para entrada da água. Superiormente os caixotões serão interligados por uma laje de betão armado com 1,20 m de espessura que servirá de plataforma portuária. Sobre esta laje ficará instalada a futura Gare Marítima.

Entre a frente acostável e a marginal de Ponta Delgada será executado o Terraplino Portuário em área de aproximadamente de 11 200 m² na qual ficará, no futuro, implantado o Edifício do Pavilhão do Mar. O terraplino, executado com recurso aos materiais dragados para além de materiais de aterro, desenvolver-se-á entre duas retenções em talude de enrocamento.

O terraplino portuário será prolongado para nascente, até às piscinas de S. Pedro, delimitando um plano de água circular equipado a norte com uma piscina de maré. O Cais de Controlo da actual Marina, será prolongado rematando contra este terraplino.

Aproveitando o abrigo conferido pelo novo Terminal, o plano de água situado no seu tardoz, a poente, terá uma nova marina, equipada com um conjunto de passadiços flutuantes num total de cerca de 400 postos. Os fundos existentes, permitirão a execução de um cais de apoio à marina, entre o tardoz do Terminal Inter-Ilhas e a marginal.

Todo o trecho marginal poente, entre o Cais da Sardinha e o Terminal, será aterrado, formando plataforma a (+3,5 m)ZH com área crescente para leste, servindo de passeio marginal e de fundação para o futuro parque de estacionamento, em cujo coroamento, ao nível da avenida marginal, será construído um espaço de lazer, em jardim e passeio. O terraplino terá estrutura semelhante ao terraplino portuário e será contido e protegido por retenção em talude de enrocamento.

Completa o conjunto das obras a construção e execução de dragagens e desmonte de rocha submersa bem como a execução das redes técnicas de serviço do cais.

4.2 – Terminal de Cruzeiros

O novo Terminal de Cruzeiros terá frente acostável com cerca de 272 m de comprimento, sendo constituído por uma infra-estrutura descontínua em caixotões de betão armado perfurados e uma superestrutura em betão armado pré-esforçado. Serão executados 25 caixotões, afastados entre si de 15,0 m, dispostos em dois alinhamentos paralelos e separados de 7,7 m, formando um corredor aberto à circulação de água, para sua maior dissipação. Estes alinhamentos definem em planta uma plataforma com cerca de 40 m de largura que englobará, a Sul, o cais propriamente dito, a meio o edifício da Gare Marítima e, no tardoz, uma área de restauração e lazer.

Os caixotões serão fundados às cotas (-12,0 m)ZH e (-10,0 m)ZH nos alinhamentos da frente cais e do tardoz respectivamente, sobre embasamento em ToT com camada de regularização de brita, assentes em valas abertas no substrato rochoso. O embasamento será protegido por manto em enrocamentos seleccionados.

Na zona mais exposta, a nascente, serão colocados caixotões de maior dimensão, permitindo a criação em planta de superestrutura com secção circular de forma a cumprir a proposta arquitectónica dos edifícios sobrejacentes. No alinhamento do tardoz do cais e na zona do

terrapleno portuário, os caixotões serão colocados em contínuo, formando muro de gravidade para contenção do aterro onde ficarão implantados edifícios de lazer e de apoio às infra-estruturas marítimas.

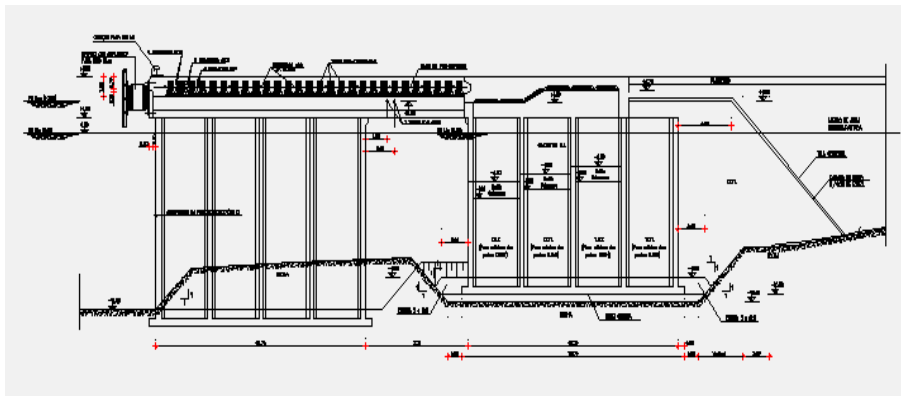


Fig. 4C – Corte transversal do Terminal de Cruzeiros

Para modulação das células dos caixotões, adoptaram-se dimensões em planta de 2,8 m por 3,5 m, dispostas em malha de 4x4, excepto nos caixotões localizados no extremo nascente do terminal que apresentam malhas a 5x5. Os caixotões correntes terão dimensões em planta de 12,8 m por 15,7 m, sendo a sua altura total de 13,0 m e 11,0 m, para os alinhamentos da frente cais e do tardoz respectivamente. O coroamento será à cota (+1,0 m)ZH.

Por forma a minorar a reflexão na bacia portuária, as células centrais dos caixotões viradas à incidência das ondas, do lado sul, serão vazadas, possuindo as paredes aberturas que permitam a entrada da água. Foi adoptada uma cota de soleira à entrada de (-3,0 m)ZH e uma porosidade média de cerca de 10 % à superfície dos caixotões, de que resulta um valor de quase 60 %, em toda a frente de acostagem. De forma a maximizar o efeito dissipador de energia, as paredes interiores apresentarão igualmente aberturas e a soleira da câmara será dotada de degraus.

As células dos caixotões sem aberturas serão cheias com enrocamento ToT. Nas células com aberturas será executado superiormente um rolhão em betão simples com 1,0 m de espessura. No que respeita ao alinhamento do tardoz, nos poços verticais entre caixotões, formados pelos salientes laterais, o poço do lado do mar será preenchido com sacos de cimento sendo os dois restantes cheios de brita.

A superestrutura dos caixotões será constituída por laje de betão armado betonada “in-situ” com 2,50 m de altura, assente à cota (+1,0 m)ZH e com coroamento a (+3,5 m)ZH. Esta laje faz igualmente a ligação transversal entre os caixotões dos dois alinhamentos. Longitudinalmente, os caixotões do alinhamento da frente serão ligados por lajes em betão armado pré-esforçado com 1,20m de espessura, vencendo vãos livres, entre apoios, de 14,80 m. Estas lajes serão realizadas com recurso a vigas pré-esforçadas, em duas fases, de forma a evitar a execução de cofragens sobre a linha de água. Após fabricação das vigas pré-esforçadas e sua colocação no local será o conjunto solidarizado por intermédio de betonagem “in-situ”. As vigas terão secção em “T” invertido com 0,60 m de base e 1,00 m de altura, assentando em consolas curtas a betonar na laje da superestrutura dos caixotões.

4.3 – Terminal Inter-Ilhas

O novo Terminal Inter-Ilhas tem um comprimento de 113 metros de frente acostável e uma solução estrutural semelhante à do Terminal de Cruzeiros, nomeadamente uma infra-estrutura em caixotões de betão armado perfurados e uma superestrutura em laje de betão armado pré-esforçado. Os caixotões, em número de 4 e afastados entre si de 15,0 m, serão fundados a (-11,0 m)ZH, cota abaixo da necessária para as embarcações a servir e condicionada pela proximidade da bacia de manobra do cais do Terminal de Cruzeiros.

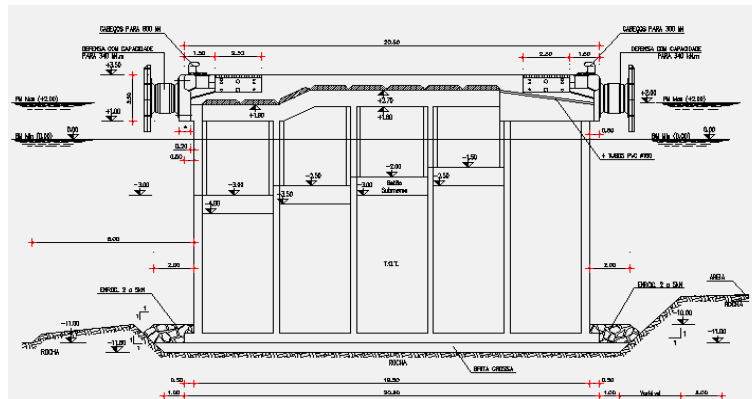


Fig. 4D – Corte Transversal do Terminal Inter-Ilhas

Os caixotões distinguem-se por incorporarem mais uma fiada de células no tardo, perfazendo uma modulação de 4x5 colunas de células, globalmente inscritas num rectângulo com 12,8 m por 19,5 m de área, com uma altura total de 12,0 m (excepto o caixotão poente que apresentará 14,0 m de altura) e coroamento a (+1,0 m)ZH. A laje da superestrutura, com coroamento a (+3,5 m)ZH, será betonada “in-situ” com 2,50 m de espessura sobre os caixotões e 1,2 m nos vãos livres da frente acostável.

De forma a minorar a reflexão na bacia portuária e a transmissão de agitação para os planos de água no tardo, as células interiores dos caixotões, assim como as viradas à incidência das ondas, do lado sul, serão vazadas e as suas paredes exteriores dotadas de aberturas que permitam a entrada da água. As colunas de células serão preenchidas a toda a altura com enrocamento ToT, excepto na câmara de dissipação, cuja soleira será materializada por rolhão de betão.

4.4 – Cais de Honra

Para recepção das embarcações que estacionarão na nova marina será construído um cais vertical, dotado de frente acostável com cerca de 140 m de comprimento e que servirá também para a contenção do terrapleno portuário. O cais terá fundos de serviço a (-3,0 m)ZH e a (-1,0 m)ZH.

A estrutura será constituída por colunas contínuas de aduelas pré-fabricadas em betão armado, assentes sobre embasamento em enrocamento seleccionado, a cotas variáveis entre (-3,7 m) e (-1,5 m)ZH. O prisma de fundação será devidamente regularizado com brita e protegido exteriormente por manto em enrocamento seleccionado de granulometria superior. No tardo das colunas de aduelas será colocado um prisma de alívio em enrocamento ToT, revestido por tela geotêxtil sobre camada de brita de regularização. A superestrutura do cais será materializada através de muro de suporte de betão armado, em “L”.

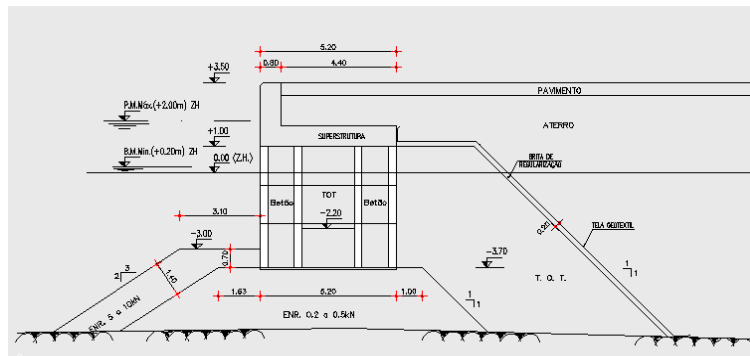


Fig. 4E – Corte Transversal do Cais de Honra



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

4.5 - Retenção Marginal Nascente

A Retenção Marginal Nascente delimita a área molhada circular situada no tardoz da extremidade nascente do Terminal de Cruzeiros, rematando com a sua face Norte e estendendo-se, primeiro em forma côncava e depois convexa, até ao complexo de piscinas de S. Pedro, onde remata com a retenção e solário aí existentes. A Norte, sensivelmente a meio do seu desenvolvimento, a retenção é interrompida pelo saliente proporcionado por uma nova piscina e solário.

Esta retenção contém e protege da acção do mar todo o terraplano marginal, o qual apresenta cotas a (+3,5 m)ZH na metade poente desta área (edifício do Pavilhão do Mar e acesso ao Parque de Estacionamento) e a (+3,0 m)ZH na zona Norte e nascente (Edifício de Apoio à nova Piscina e passeio marginal de ligação ao solário existente).

A retenção é constituída por um núcleo de TOT, revestido exteriormente por camadas de enrocamentos seleccionados, inclinados a 3(H):2(V). O talude interior do núcleo receberá um aterro também em ToT. No coroamento será betonado bloco, contra o qual rematará o pavimento, nivelados à cota (+3,5 m)ZH.

4.6 - Retenção Marginal Poente

A Retenção Marginal Poente tem por objectivo conter o terraplano criado ao longo da marginal de Ponta Delgada, por forma a alojar o Estacionamento e o novo passeio marítimo da cidade.

Esta retenção situa-se entre o novo Terminal Marítimo, no seu extremo nascente, e o Cais da Sardinha, no extremo poente. O seu coroamento à cota (+3,5 m)ZH desenvolve-se segundo um alinhamento idêntico ao da Avenida Marginal, com uma extensão de aproximadamente 650 m. Tal como na retenção nascente, a fundação será feita sobre o terreno existente, a cotas variáveis entre (-3,5 m)ZH e (+1,0 m)ZH.

A retenção será constituída por prisma de TOT protegido por manto de enrocamentos seleccionados inclinados a 3(H):2(V). O coroamento, à cota (+3,5 m)ZH, será materializado com bloco de betão, contra o qual rematará o pavimento.

4.7 – Demolições, Dragagens e Aterros

A obtenção dos fundos necessários para as bacias de flutuação e de manobra no terminal turístico será realizada com dragagens de materiais incluindo desmonte de rocha. A área de intervenção é da ordem de 1600 m² sendo a profundidade máxima de escavação aproximadamente de 3,0 m.

Para a colocação dos caixotões que constituem a infra-estrutura marítima serão realizadas 13 valas no substrato rochoso, a cotas variáveis de (-10,5 m) a (-13,5 m). A área total de intervenção é de cerca de 8700 m² sendo a profundidade máxima de escavação aproximadamente de 7,0 m.

4.8 - Principais quantidades em obra

Referem-se seguidamente ordens de grandeza das principais quantidades de materiais envolvidas nesta obra, no que respeita à infra-estrutura portuária:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| • Dragagens | 20 000 m ³ |
| • Quebramento de rocha | 46 000 m ³ |
| • Enrocamentos e Aterros | 280 000 m ³ |
| • Betões Pré-fabricados | 27 000 m ³ |
| • Betões “in-situ” | 29 000 m ³ |
| • Aços | 8 000 ton |



4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005

O custo global da obra, envolvendo infra-estruturas portuárias e terrestres, é de cerca de 46 milhões de Euros, cabendo à primeira uma percentagem ligeiramente inferior a 60 %.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito do Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona envolvente, foram estudadas diversas soluções alternativas para a localização de um novo Terminal para navios de cruzeiro e de transporte de passageiros inter-ilhas. A solução seleccionada situa-se no sector leste do porto, em zona desaproveitada, junto às piscinas de S. Pedro e no enfiamento do molhe de abrigo da marina existente, parcialmente abrigado pelo molhe principal do porto, dando abrigo a todo um conjunto de novas infra-estruturas associadas, entre as quais uma nova marina.

O grau de exposição do Terminal leva a que tenha operacionalidade condicionada ao estado do mar, sobretudo face a temporais de SE, assim como à necessidade da minimização das condições de reflexão e galgamento pela agitação incidente.

Para o efeito, foi concebida uma solução especial e inovadora, constituída por uma infra-estrutura em caixotões perfurados descontínuos, ligados superiormente por espessa laje em betão armado pré-esforçado. Os estudos realizados envolveram, ao nível hidráulico, diversos modelos matemáticos de propagação da agitação marítima, assim como o ensaio em modelo físico da totalidade do porto, sem e com o terminal.

O Terminal Marítimo é uma obra emblemática, de grande dimensão e complexidade, envolvendo múltiplas especialidades e que obrigou a um especial controlo e comunicação entre as diferentes equipas de projecto. Em particular, foi muito frutuoso o tradicionalmente difícil diálogo entre equipas de engenheiros e de arquitectos, responsáveis neste caso pelos projectos das infra-estruturas portuárias e dos edifícios e arranjos exteriores, respectivamente.

Esta obra, à semelhança de qualquer obra marítima exposta, deverá ser monitorizada através de um programa de observação sistemática.

BIBLIOGRAFIA

Consulmar, Rinave, Cised, 2001, Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona Envolvente, Fase 1A - Diagnóstico e Perspectivas de Desenvolvimento, Relatório

Consulmar, Rinave, Cised, 2002, Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona Envolvente, Fase 1B – Plano de Ordenamento do Porto, Relatório

Consulmar, Rinave, Cised, Risco, 2002, Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona Envolvente, Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal, Estudo Prévio

Consulmar, Rinave, Cised, Risco, Impacte, 2002, Plano Director da Ampliação e Reordenamento do Porto de Ponta Delgada e Zona Envolvente, Fase 4 – Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal, Estudo de impacte Ambiental

Risco, Consulmar, 2003, Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal, Infra-estruturas portuárias, Anteprojecto

LNEC, 2004, Ensaios em Modelo Reduzido do Porto de Ponta Delgada (S. Miguel – Açores), Relatório 111/04-NPE

Risco, Consulmar, Impacte, 2005, Terminal Marítimo e Reestruturação da Avenida Marginal, Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução

Risco, Consulmar, 2005, Projecto do Novo Terminal Marítimo de Cruzeiros da Cidade de Ponta Delgada, Infra-estruturas portuárias e Redes de Infra-estruturas, Projecto de Execução

M. Lopes et all, 2005, Numerical Wave Model Performance evaluated with Physical Model Data, 5th International Symposium on Wave Measurement and Analysis - Waves2005, Madrid