

Sbo

Sebentas d'Obra Ciclo de construção, do projecto à obra

#02, junho 2011

Molhes do Douro

Porto

Fernando Silveira Ramos

Carlos Prata

Editor

Cadernos d'Obra

Diretor

Vitor Abrantes

Coordenação Editorial

Bárbara Rangel

Comissão Editorial

Abel Henriques

Ana Sofia Guimarães

António Silva Cardoso

Joaquim Poças Martins (presidente da OERN)

Paulo Conceição

Rui Faria

Alfredo Soeiro

Ana Vaz Sá

António Samagaio

Fernando Brandão Alves

Hipólito de Sousa

João Pedro Poças Martins

Jorge Moreira da Costa

José Amorim Faria

Miguel Gonçalves

Rui Calejo

Concepção Gráfica

Incomun

Fotografia

João Ferrand

Impressão

Rainho e Neves

2.ª edição, setembro 2019

Depósito legal: 336727/11

ISSN 2184-6065

Tiragem: 500 exemplares

Preço por número

4,50 euros

Publicação periódica

Trimestral

n.º 2. Ano I, junho 2011

Propriedade

FEUP/DEC

R. Dr. Roberto Frias s/n

4200-465 Porto

Portugal

Tel./fax: + 351 22 508 19 40

cdo@fe.up.pt

É proibida a reprodução sem a autorização escrita dos autores e do editor.

A exactidão da informação, os copyrights das imagens, as fontes das notas de rodapé, bem como a bibliografia, são da responsabilidade dos autores dos artigos, razão pela qual a direcção da revista não pode assumir nenhum tipo de responsabilidade em caso de erro ou omissão.

A iniciativa “Fora de Portas engenharia civil à mostra”, resulta da colaboração entre o Departamento de Engenharia Civil da FEUP, a Mostra da UP e o Município do Porto. Realiza-se no contexto da iniciativa Porto Innovation Hub (PIH), que pretende envolver os cidadãos e visitantes da Invicta na descoberta da inovação que transformou a cidade nos últimos séculos. Através da visita a locais históricos e infraestruturas emblemáticas do Porto, procura-se demonstrar o impacto direto da inovação na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. O PIH é uma iniciativa do Município do Porto que pretende ser uma plataforma para o fortalecimento do ecossistema de inovação e empreendedorismo da cidade, contribuindo desta forma para que o Porto se possa destacar no panorama nacional e internacional como uma cidade inovadora e criativa. O PIH propõe a criação de um espaço de experimentação e laboratório vivo, potenciando cenários e oportunidades de desenvolver novos produtos, métodos ou conceitos à escala urbana, contribuindo, assim, para a cultura de transformação para a inovação.

Iniciativa e produção

Departamento de Engenharia Civil da FEUP

Com o apoio de

Universidade do Porto

Câmara Municipal do Porto

Ordem dos Engenheiros Região Norte

Editorial. Neste ciclo de construção **Sebentas d’Obra**, propusemo-nos apresentar um leque de obras singulares, onde engenharia e arquitectura tivessem trabalhado inevitavelmente a par, de forma a responder a um problema de construção complicado e único. A revista Cadernos d’Obra do grupo GEQUALTEC / FEUP, com o Colégio de Engenharia Civil da Ordem dos Engenheiros e a IACES, Associação Internacional de Estudantes de Engenharia Civil, pretendem mais uma vez mostrar que no nosso país, temos magníficas obras possíveis apenas por um cúmplice cruzamento entre arquitectura, engenharia e tecnologia. E só com esta cumplicidade se conseguem obter resultados de elevada qualidade, tanto arquitectónicos, como científicos, sabendo “orquestrar” melodicamente tecnologia e arquitectura.

Para esta segunda edição, escolhemos um “edifício” muito particular, numa situação original. A construção de uma enorme muralha dentro do mar, os Molhes do Douro. Combater a Natureza, respeitando-a é o eterno desafio que o Homem tem quando constrói, mas fazer frente à força do mar quando encontra o rio construindo uma barreira, mais do que um desafio é uma provocação à Natureza.

Nesta situação particular da construção para uma barra no Douro, a provocação tomava ainda uma dimensão maior, pois o Porto, ao contrário de muitas cidades fluviais e marítimas, é uma cidade que se estende até à água. Construir dentro de água, era assim estender a cidade para o mar, continuando o passeio marítimo e fluvial até ao Farol que dada a longa extensão do molhe, mais se assemelha à proa de um barco. Foi dessas dificuldades, combater com respeito a força do mar e continuar a cidade por cima da água, que a equipa liderada pela dupla Eng.º Silveira Ramos e Arq.º Carlos Prata, fez nascer este “edifício” tão particular e provocatório, onde o Homem e o Mar estão em constante diálogo. A grande extensão da muralha obrigava à quebra do pano da parede, faz surgir novos espaços urbanos voltados para o espelho da água quando o mar está calmo. A alteração de cotas e altura necessária do paredão, permitiu criar um novo passeio do dentro do mar, uma galeria que permite ao Homem espreitar para o interior do Mar, quando está enraivecido numa tempestade.

Com esta publicação, os autores desvendam-nos os segredos do que foi o desenrolar deste projecto, as dificuldades, as condicionantes, as propostas construídas e sonhadas para tornar deste confronto uma feliz provocação!

Mais uma vez agradecemos à Eng.ª Cristina Machado, presidente do Colégio de Engenharia Civil da Ordem dos Engenheiros e à Eng.ª Ângela Nunes, todo o apoio que nos têm vindo ao tornar possível mostrar como afinal é exequível este “casamento” da engenharia, da engenharia e da arquitectura através da articulação inteligente da ciência e da tecnologia!

A todos os membros do grupo GEQUALTEC / FEUP um agradecimento especial por todo o apoio e confiança. Ao Dr.º Nuno Maia da SECIL, agradecemos toda a disponibilidade e ajuda. E finalmente ao Eng.º Silveira Ramos e Arq.º Carlos Prata, muito obrigado pelo empenho e dedicação a esta nossa cruzada!

Porto, 6 de junho de 2011
Cadernos d’Obra, Bárbara Rangel

O comité do Porto da Associação Internacional de Estudantes de Engenharia Civil, IACES, integrado no Departamento de Engenharia Civil da FEUP, tem como principal objectivo a realização de actividades que auxiliem e complementem a formação dos estudantes de engenharia civil. Acreditamos convictamente que o ciclo **Sebentas d’Obra**, pelo seu carácter simultaneamente científico, profissional e inovador, principalmente no que ao entrosamento entre as várias especialidades de trabalho diz respeito, se revelará uma mais-valia no percurso estudantil de todos os alunos da área da construção.

Nesta segunda edição é abordada uma obra vencedora de um Prémio Secil, a construção dos novos molhes da barra do rio Douro. Obra que considerámos de elevado prestígio para a engenharia portuguesa e que se enquadra plenamente no teor da iniciativa **Sebentas d’Obra**.

Esperamos assim poder contribuir para o sucesso e crescimento dos nossos estudantes e para a evolução da construção em Portugal.

Saudações Académicas
IACES – LC Porto

Molhes do Douro



1. Caracterização

Compreender o problema

Integrar os objectivos

Os objectivos centrais fixados pelo Instituto da Navegabilidade do Douro (IND) para o concurso público internacional de concepção/construção eram claros:

- a) Estabilizar as margens do estuário do Douro, nomeadamente na zona do Cabedelo e das margens ribeirinhas junto à foz;
- b) Melhorar as condições de navegabilidade e segurança para embarcações compatíveis com a utilização das eclusas do Douro;
- c) Preservar os valores ambientais, com especial ênfase na salvaguarda dos valores paisagísticos e estéticos.

A solução a propor e desenvolver teria de considerar ainda dois condicionantes obrigatórios:

Em primeiro lugar não provocar maiores dificuldades ao escoamento das grandes cheias do Douro, não agravando as cotas de cheias a montante do Cabedelo e mantendo o mecanismo natural do seu galgamento e rompimento;

Em segundo lugar facilitar a transposição para sul das areias, depois de saturadas as praias a norte, com melhoria do passe da barra e da auto-manutenção do canal de acesso.

Três ideias chave a reter

Uma análise preliminar de soluções alternativas cedo mostrou que os objectivos não poderiam ser adequadamente cumpridos sem a consideração de obras de abrigo ou de regularização marginal nas duas margens da embocadura do Douro.

Partindo de uma reflexão sobre os objectivos, abordou-se a pesquisa das soluções na seguinte base:

- a) Cumprir os objectivos técnicos de melhoria da acessibilidade marítima, de protecção marginal da cidade e de estabilização sedimentar do Cabedelo mantendo a capacidade de escoamento das cheias do Douro;
- b) Assumir que as obras de protecção e abrigo a executar na margem norte, deviam integrar-se no tecido urbano envolvente, sendo mais um motivo de atracção e fruição daquela zona lúdica da cidade e não uma disfarçada excrescência urbana ditada por uma necessidade portuária;



c) Considerar que as intervenções a efectuar na margem sul deviam procurar manter o Cabedelo como zona tão naturalizada quanto possível, incluindo a imagem de zonas interpenetradas de areias claras e recifes escuros que se alteram e misturam conforme o estado do mar e da maré.

Uma equipa multidisciplinar integrada

A abordagem integrada dos problemas que se colocam na Barra do Douro só era possível ser feita por uma equipa multidisciplinar, trabalhando de modo concertado durante um período de tempo suficientemente prolongado, que permitisse colectivamente criar alternativas, amadurecer conceitos, seleccionar soluções.

A circunstância do Instituto de Navegabilidade do Douro (IND) ter disponibilizado um prazo extenso para a apresentação das Propostas permitiu organizar e desenvolver o trabalho desse modo.

A equipa técnica continha muitos elementos que desde há anos conhecem e desenvolvem estudos e projectos de arquitectura, ambiente e engenharia para a área envolvente da foz do Douro, garantindo-se assim um bom conhecimento de partida, já consolidado pela insubstituível vivência pessoal.

Os vários estudos e projectos de arquitectura, engenharia e ambiente foram desenvolvidos em simultâneo e influenciando-se permanentemente.



2. Proposta

Concepção técnica geral

Criatividade e inovação

Optar por uma Proposta de Intervenção criativa e inovadora num problema não só tecnicamente tão complexo, mas também sobre o qual tantas vezes e tanta gente de qualidade se debruçou anteriormente, foi um risco, se não mesmo, um atrevimento. Mas foi essa a opção consciente desta equipa técnica.

Como tudo que é adequadamente criativo parece agora simples e evidente.

Na cidade - a terra entra pelo mar dentro

A norte, um Molhe em estrutura vertical, numa articulação formal com o molhe actualmente existente onde se assume, de modo claro, que a terra entra pelo mar dentro.

Esta estrutura, essencial de um ponto de vista portuário para garantir a adequabilidade do acesso marítimo e a limitação dos níveis de agitação sobre a marginal portuense nos longos períodos de agitação de noroeste, dá contiguidade física ao espaço urbano existente e é transformada numa zona lúdica, não só de estar mas também de jogos e aventuras com o mar.

Em frente - uma imagem de escolhos e recifes

A sul, pelo contrário, um quebra-mar destacado da costa, em grande parte galgável e submerso pelo mar tempestuoso, diluindo o seu volume na multiplicidade de escolhos naturais que se mantém em primeiro plano.

Esta estrutura, também essencial de um ponto de vista portuário para garantir os níveis adequados de agitação sobre a marginal portuense quando ela é fustigada pelos curtos mas destrutivos temporais de sudoeste, é constituída na sua envolvente exterior por elementos de betão, escurecido por minério de alta densidade, que lhe reduzem drasticamente as dimensões e uniformizam as superfícies.

Na outra margem - a natureza mais livre

No Cabedelo as intervenções físicas são reduzidas ao mínimo estritamente necessário para conter as areias, limitando o permanente assoreamento do canal de navegação e estabilizando e reforçando a praia.

O prolongamento da existente e histórica retenção marginal sul, constituída pelo chamado "molhe Luís Gomes de Carvalho", será iniciada à sua cota actual, mergulhando rapidamente entre os recifes existentes e desaparecendo das vistas mas mantendo as suas funções de retenção sedimentar.

O quebra-mar destacado, com uma configuração paralela à batimetria actual e ligado umbilicalmente por debaixo de água a esta estrutura de contenção de areias, pelo seu efeito de tombolo ajuda a estabilizar esta zona terminal do Cabedelo.

A zona dunar desta parte terminal do Cabedelo terá, assim, tendência a avançar, retomando a sua antiga posição, desenvolvendo-se a cotas baixas, o que garante melhores condições para o seu galgamento nas alturas das grandes cheias do Douro.

Um passeio ainda mais alegre

O sentido da coisa

Prolongar o Passeio Alegre sobre o mar, transformando as suas poucas centenas de metros num longo Passeio Público com mais de um quilómetro, onde se criam múltiplos e diversificados pontos de atracção para velhos e novos usos lúdicos. Estender - no espaço e no conceito - o Passeio Alegre.

É este o sentido da "coisa".

Construir uma infra-estrutura integrada onde se confundem os objectivos portuários com os aproveitamentos urbanos, onde se deixa de perceber quem é que aproveita o quê de quem, e onde a importância de cada parte deixou de ser relativizada face à harmonia do conjunto.

É este também o sentido da "coisa".

O estar e o usar

Manter a utilização contemplativa e repousante da utilização do espaço, como já antes era preponderante, foi essencial.

Criam-se para isso novos circuitos, formam-se novas varandas sobre o mar, liga-se o novo molhe harmoniosamente ao velho e o antigo Passeio Alegre articula-se com o jovem Passeio Público mantendo quase intocável a abertura do campo visual sobre a paisagem. O prazer de estar sai reforçado.

E também novos usos

Um espaço, trabalhado com um pequeno e disfarçado edifício, articula a estrutura urbana existente com a nova. O bar-café aberto sobre a paisagem, um eventual pequeno espaço comercial de apoio ao aluguer de bicicletas e patins em linha, a zona de realização de espetáculos ao ar livre, são uma nova fonte de atracção.

Sugere-se ainda um espaço de exposição e eventos que reforça o sentido lúdico e pedagógico que atravessa toda a proposta de intervenção.

A cidade e a sua aventura marítima, a barra do Douro e a sua evolução histórica, as novas obras e os seus estudos e ensaios, a costa portuguesa e as suas obras, o sentido histórico da relação de Portugal com o mar, são os temas que se propõem para esse espaço.

O ir e o voltar

O Passeio Público é longo. E há o ir e voltar.

Criaram-se dois pequenos percursos principais; um superior, aberto sobre o mar e cuja utilização é condicionada à força das tempestades, e outro inferior, localizado em galeria fechada e com janelas rasgadas a sul, que dá acesso permanente ao farol.

No primeiro percurso, espaços de estar, zonas de solário, jogos de água, pesqueiros, dão abertura à contemplação, ao lazer, à aventura mais ou menos “radical”.

No segundo percurso, a sensação ímpar de estar debaixo da tempestade, a visão estranha de ver o navio por um canudo, a aventura de desembocar no topo de um Farol transformado em torre de observação.

E quase sempre a possibilidade de ir por um caminho e vir pelo outro.

Naturalizar o cabedelo – uma opção de base

Reconfigurar o Cabedelo

A configuração do Cabedelo, na embocadura do rio, resulta da acção conjugada das correntes fluviais e de maré com a acção das ondas. Dessa conjugação vinha a resultar, ao longo de muitos anos, a acumulação das areias na margem sul, em frente à Cantareira, assoando e estrangulando o canal de navegação.

Ao construir as novas obras de abrigo, molhe norte e quebra-mar destacado, reduz-se a capacidade das ondas empurrarem essas areias para o interior do estuário e não se altera de maneira significativa o campo das correntes fluviais e de maré.

Por outro lado a praia do Cabedelo terá agora tendência para crescer ao abrigo desse quebra-mar destacado, apoiando-se na actual protecção marginal e no seu novo prolongamento, que mergulha e se esconde entre os recifes existentes e retomando assim uma posição mais avançada, como historicamente se verificava.

Da combinação destas duas tendências resulta que não só as areias vindas da praia do Cabedelo são travadas antes de chegarem ao Canal navegável, como algumas que ainda aí chegarem, vindas de montante ou de jusante, terão tendência a acumularem-se, mais à frente, na zona abrigada do anteporto, antes de serem definitivamente expulsas pelas periódicas cheias do Douro.

Facilitar o escoamento das grandes cheias

Da acção conjunta dessas tendências, que se acumulam e interpenetram resultará, a criação de maior areal, mas em zona já fora do canal de navegação.

Como, por efeito do quebra-mar destacado, a altura de onda incidente sobre essa zona da praia é já reduzida, a altura da sua berma é mais baixa que na restante praia, criando condições para a manutenção natural de uma zona rebaixada que funciona de “fusível” nas alturas das grandes cheias do Douro.

A dragagem do Canal de navegação forneceu areias de enchimento para esta zona da praia ajudando a reconfigurar o Cabedelo. Este reforço de areias constituiu também uma segurança para que a evolução natural e progressiva da praia não tenha ocasionado situações de maior erosão na outra extremidade.

Recuperar a zona dunar

A opção de manutenção de toda a praia do Cabedelo sem outra utilização que não seja uma utilização balnear de tipo naturalista sem a construção de infra-estruturas pesadas de apoio, levou a não incluir aí um estaleiro de construção, mas apenas de stock de peças prefabricadas, e a considerar, como parte integrante da empreitada, a retirada do caminho provisório de acesso às obras e a requalificação da zona dunar.

Criatividade também nas soluções construtivas

Soluções técnicas e processos construtivos

Na procura das soluções de engenharia foram encontradas também técnicas inovadoras como resposta mais adequada à compatibilização dos objectivos portuários e costeiros com as opções de integração urbana e as preocupações de preservação ambiental.

Reduzir o trânsito pesado na cidade

A opção de estrutura vertical para o Molhe Norte, conduziu a desenvolver uma solução de elementos prefabricados, com aduelas e caixotões colocados por via marítima, que reduz drasticamente a movimentação de materiais e equipamentos nas estradas e ruas de acesso.

Para a concretização da parte principal desta obra é de salientar a execução por deslize em doca flutuante, no interior do Porto de Leixões, de 16 caixotões de grande dimensão (até 16X15X15 m). Estes caixotões eram depois transportados em flutuação, mar aberto, um a um durante cerca de 5 km e afundados, rigorosamente colocados lado a lado.

Na solução encontrada betona-se a nova estrutura vertical contra o fundo rochoso, eliminando as maiores objecções que se levantam por vezes a este tipo de estruturas.

Esta selagem contra o fundo rochoso foi objecto de estudos cuidados e é aqui que se encontram alguns dos aspectos inovadores da técnica construtiva adoptada.

Foi esta a principal motivação da execução de vários dos trabalhos de investigação complementar de campo que, asseguram a viabilidade técnica da solução. Na zona de implantação da obra comprovou-se que o fundo é rochoso, apenas com pequenas bolsadas arenosas.

Onde a engenharia e a arquitectura também se interpenetram

A solução proposta para a superestrutura deste Molhe Norte é, também, nada clássica.

Ela desenvolve-se a cotas relativamente baixas, galgáveis sobre a acção das maiores tempestades e não ultrapassando as cotas do actual molhe de Felgueiras, num permanente recorte em planta e em altimetria que reduz muito as forças de impacte das ondas sobre a estrutura resistente e dando resposta à intenção da sua utilização lúdica e aventureira em períodos de bom tempo.

Essas configurações da superestrutura, componente criativa e marcante da obra, nascem e são condicionadas pelos objectivos da engenharia mas ganham a sua forma e incorporam objectivos lúdicos comandadas pelo traço da arquitectura.

Do mesmo modo a marcante presença da galeria interior (o imaginário da tenebrosa descida ao centro da tempestade), nasce da conveniência de dispor de uma discreta galeria técnica para permitir um acesso ao farol menos condicionado pelas condições meteorológicas.

Baixar cotas e diminuir dimensões

Em toda a Margem Sul as opções e preocupações eram outras e, portanto, as soluções não podiam deixar de o ser também.

Para o quebra-mar destacado foi encontrada uma solução que baixa as cotas superiores de coroamento até níveis mínimos que garantem as suas funções de protecção marítima e sedimentar. Para isso foi necessário recorrer à utilização de elementos de protecção constituídos por peças aproximadamente cúbicas em betão de alta densidade, o que reduz muito os seus pesos e dimensões.

Estas opções técnicas recomendaram a execução, logo na fase inicial dos estudos, de ensaios em modelo matemático e físico que eliminassem qualquer dúvida sobre a viabilidade técnica das propostas efectuadas.

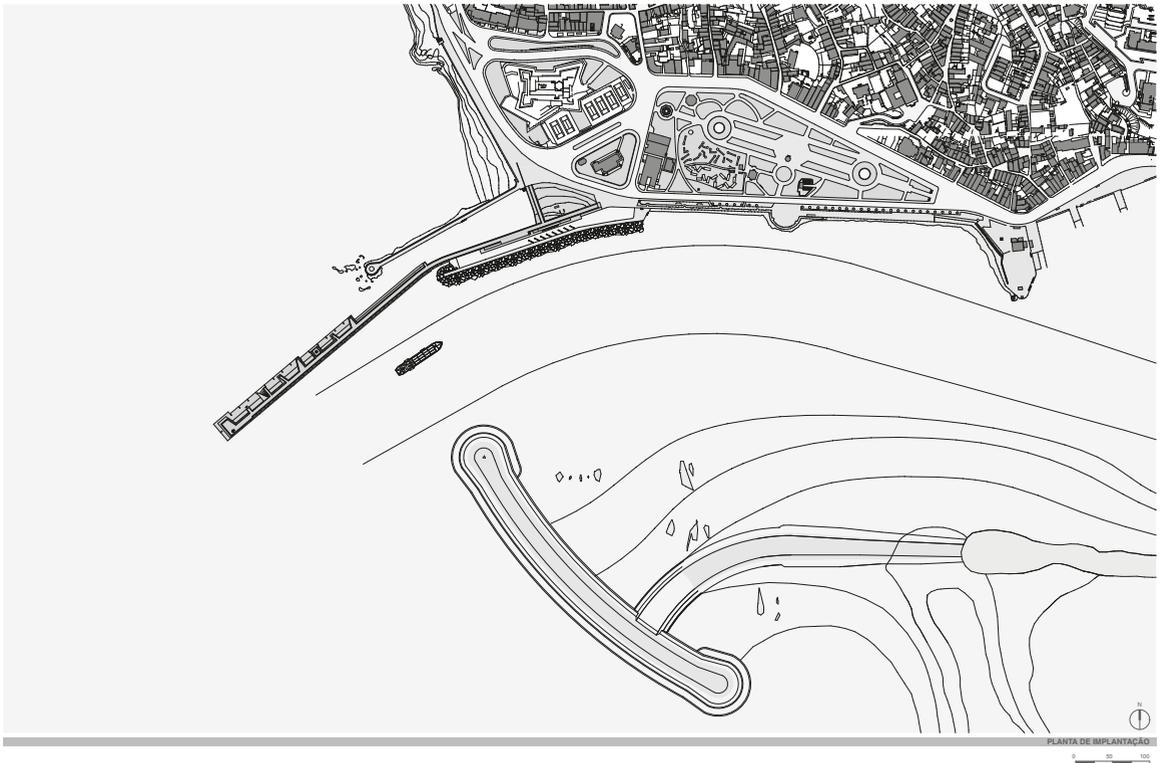
Face à possibilidade de erosões localizadas em frente a esta estrutura, dada a existência de areias, o projecto de engenharia e esses ensaios em modelo físico foram, por segurança, conduzidos considerando os fundos naturais um metro abaixo das cotas constantes do

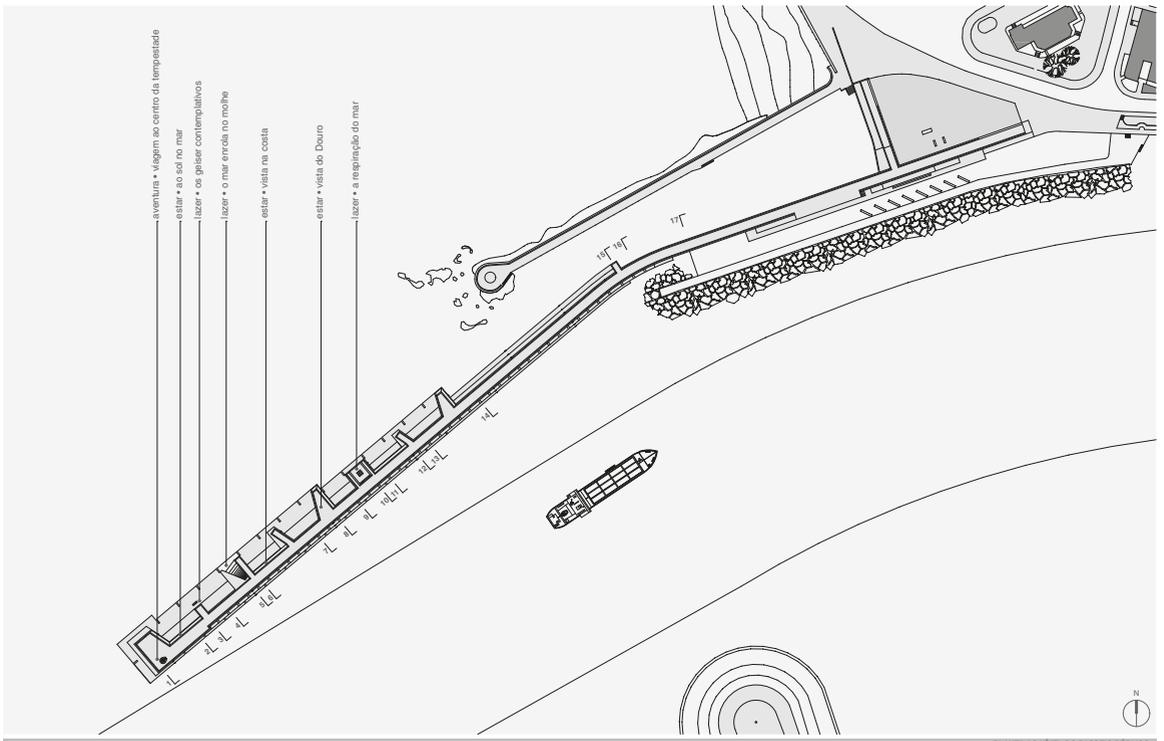
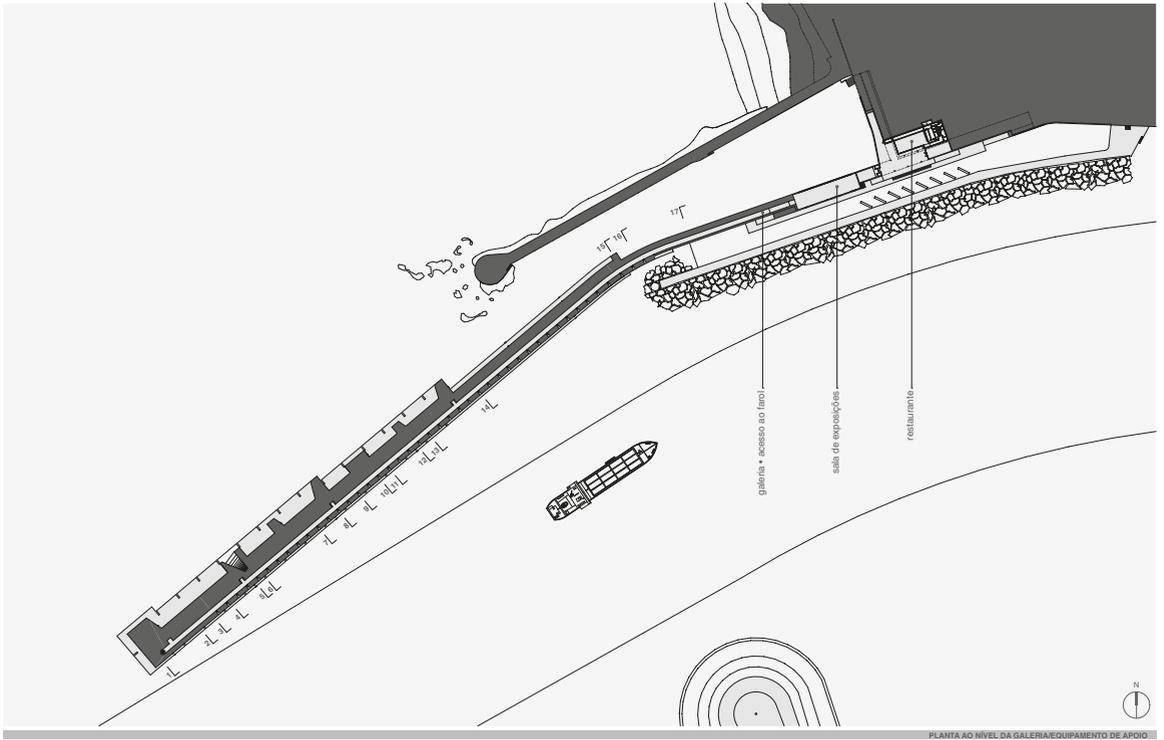
levantamento topo-hidrográfico de referência e garantindo o seu bom comportamento estrutural ainda na eventual erosão de mais outro metro.

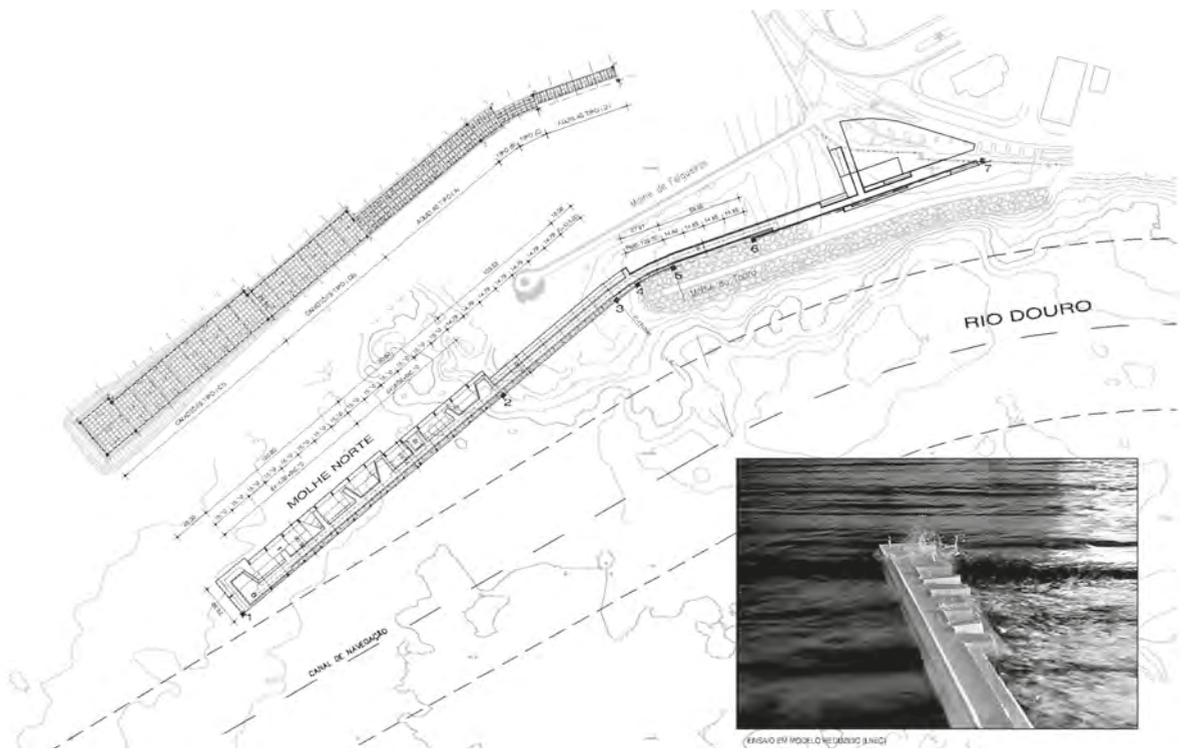
Opção terrestre para a construção a sul

Optou-se por construir esta parte da obra por via terrestre dado que as baixas profundidades e a configuração dos fundos provocando grande irregularidade na agitação local que aqui se cruza e empola, recomenda a minimização dos meios marítimos nesta zona. O contrário seriam riscos não só de maiores acidentes mas também grandes períodos de inoperacionalidade e portanto sem garantia de cumprimentos de ritmos, rendimentos e prazos.

Na obra de reforço do Cabedelo não foram utilizadas quaisquer peças de betão, sendo a estrutura de regularização marginal a efectuar no prolongamento da actual constituída, tal como esta, apenas por material rochoso.

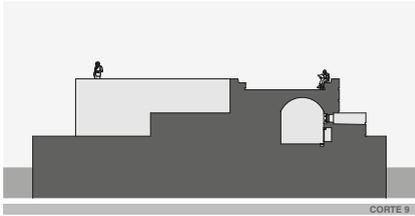




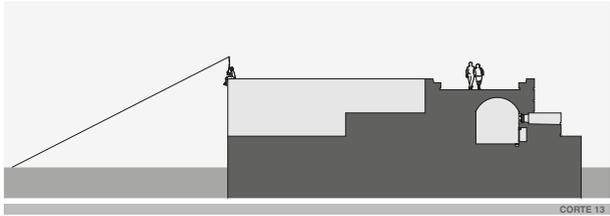


ENSAYO EN MOLINO (EJERCICIO 1)

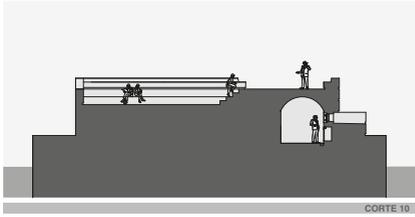




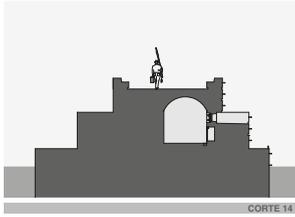
CORTE 9



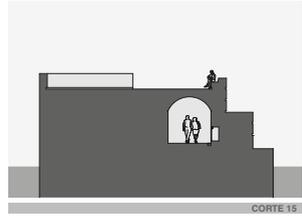
CORTE 13



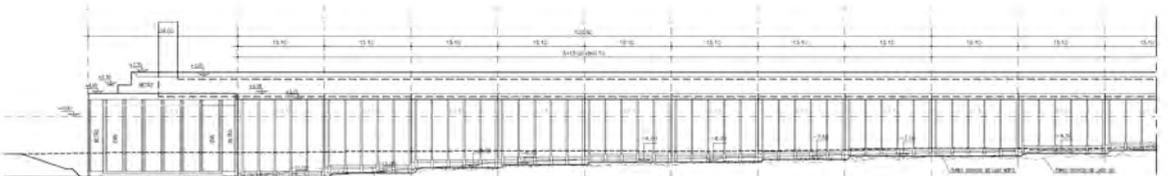
CORTE 10



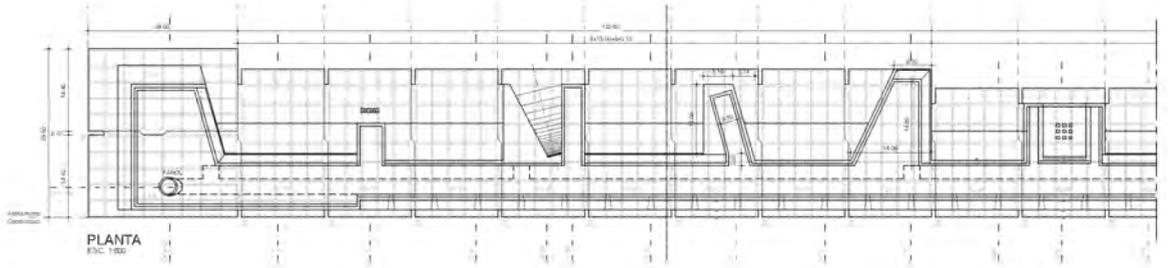
CORTE 14



CORTE 15



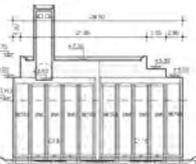
CORTE LONGITUDINAL
ESC. 1/200



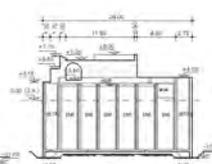
PLANTA
ESC. 1/200



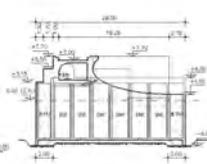
CORTES
ESC. 1/200



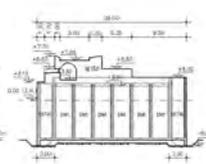
CORTE C1.9 C1.10



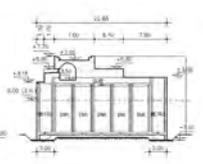
CORTE C1.7



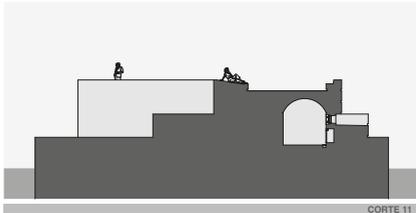
CORTE C1.5B



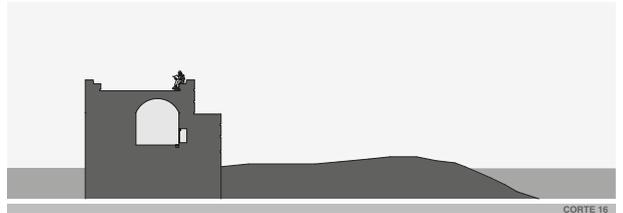
CORTE C1.4



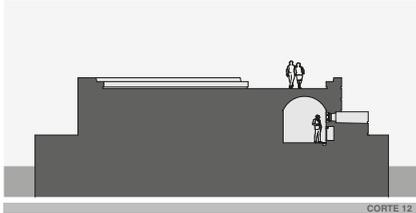
CORTE C2.8



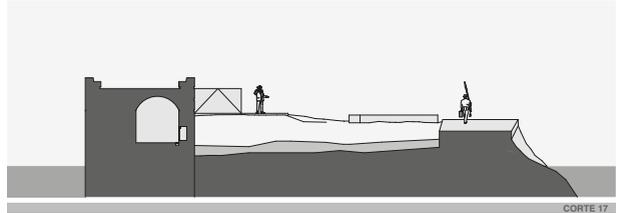
CORTE 11



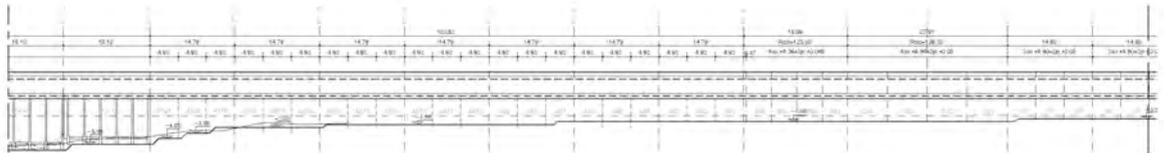
CORTE 16



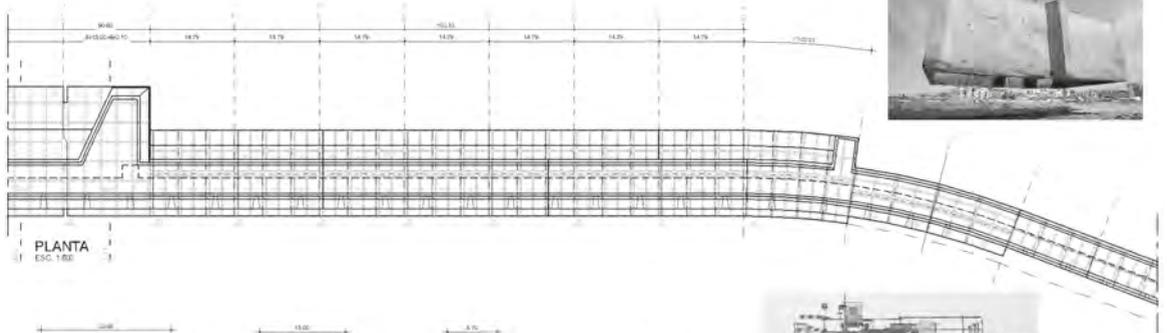
CORTE 12



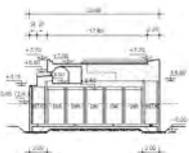
CORTE 17



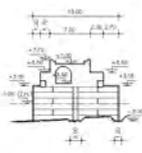
CORTE LONGITUDINAL
ESC: 1/500



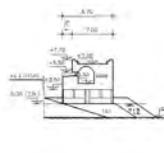
PLANTA
ESC: 1/500



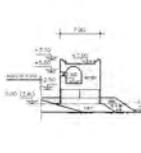
CORTE C2-1



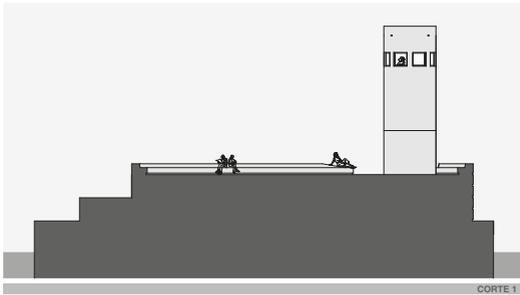
CORTE AS20-AN20



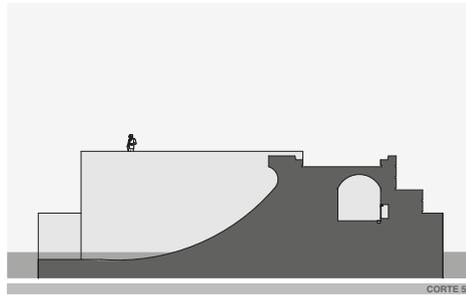
CORTE CS1-CN1 a CS4-CN1



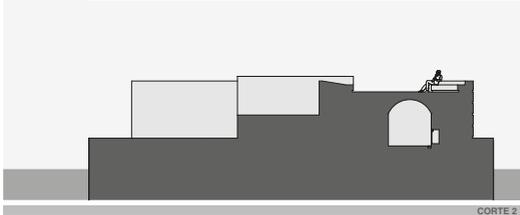
CORTE D1 a D12



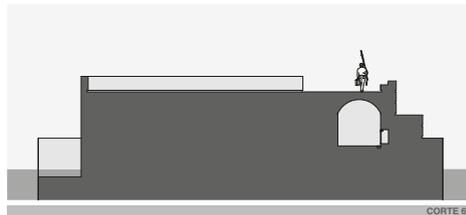
CORTE 1



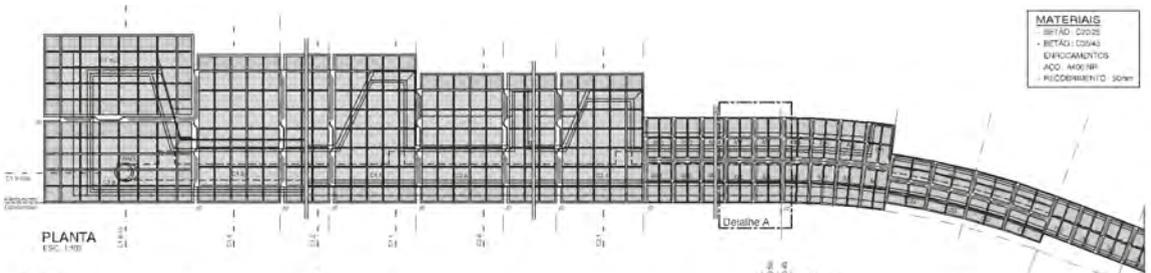
CORTE 5



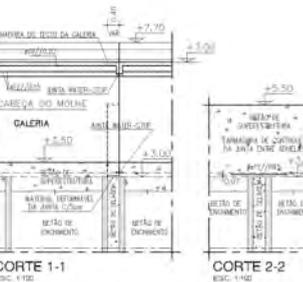
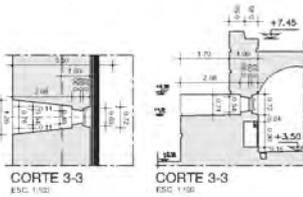
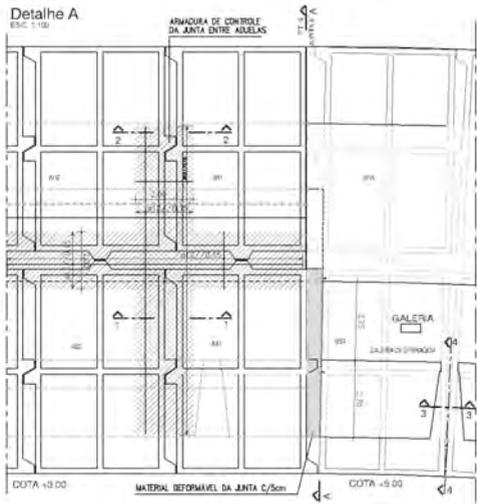
CORTE 2

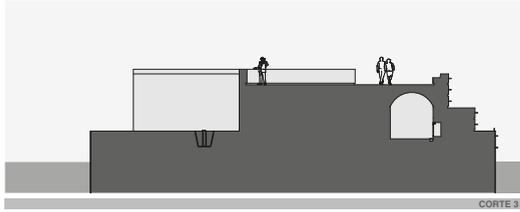


CORTE 6



- MATERIAIS**
- BETÃO C20/25
 - BETÃO C30/37
 - FERROCALÇANTOS
 - AÇO INOX 18/10
 - PISO EM CIMENTO 50cm

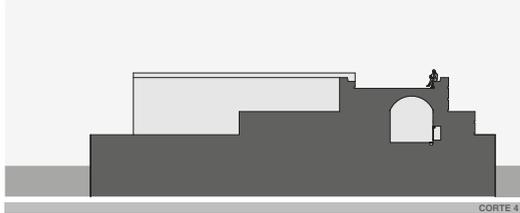




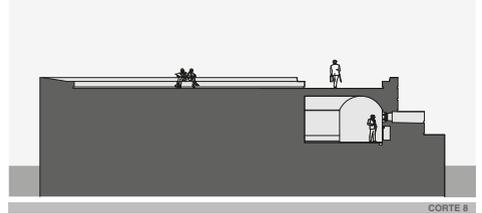
CORTE 3



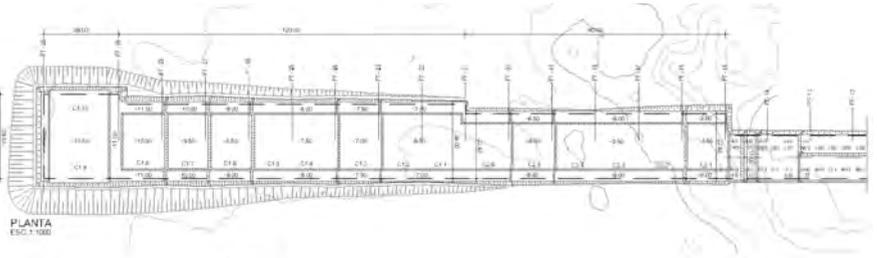
CORTE 7



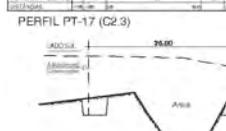
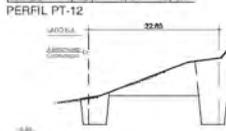
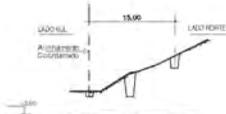
CORTE 4



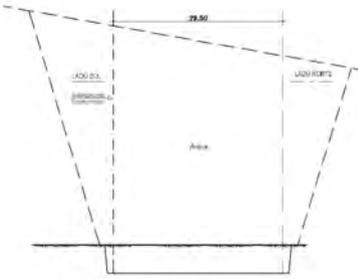
CORTE 8



PLANTA
ESC. 1:100



PERFIL PT-22 (C1.2)



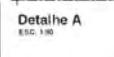
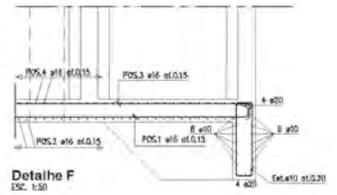
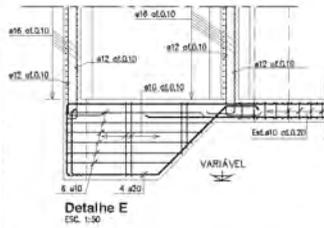
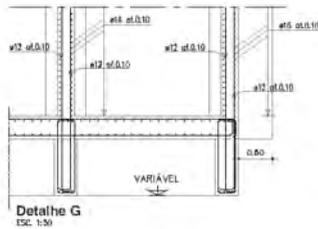
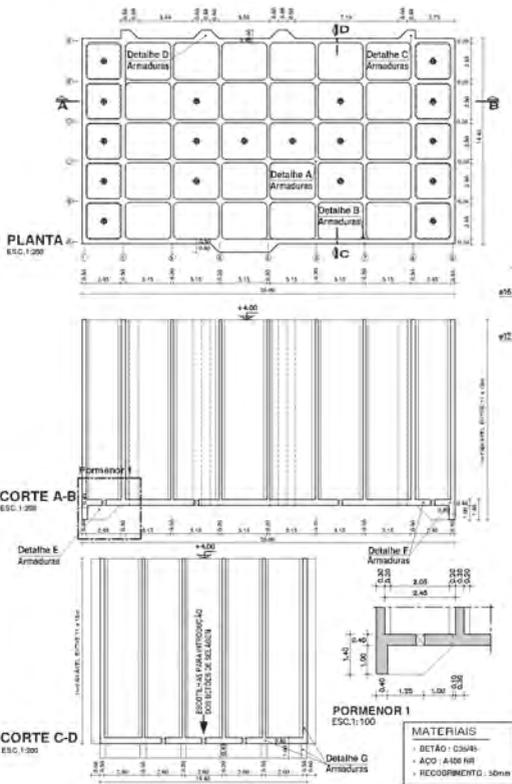
PERFIL PT-30 (C1.9/C1.10)

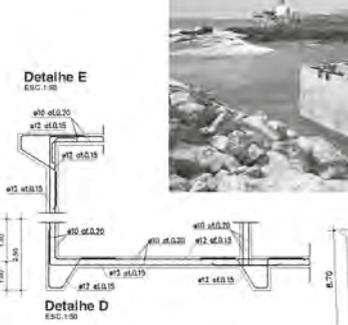
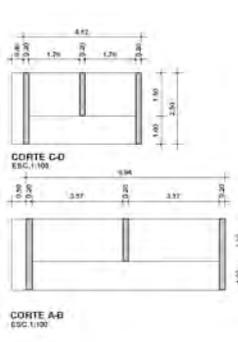
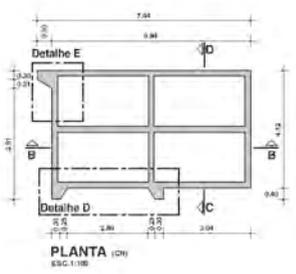
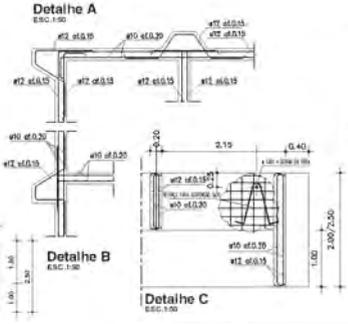
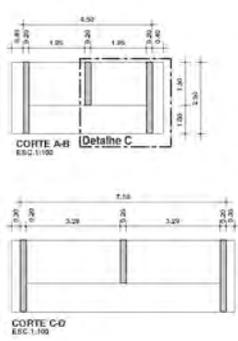
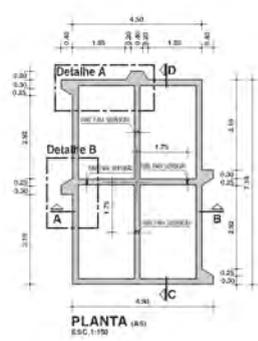


CORTES TRANSVERSAIS
ESC. 1:50

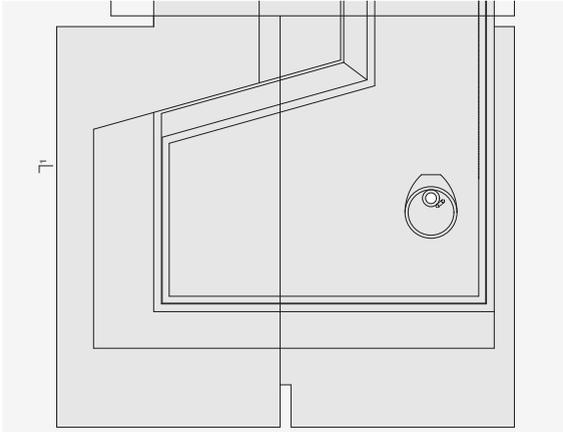


CORTE LONGITUDINAL
ESC. 1:50

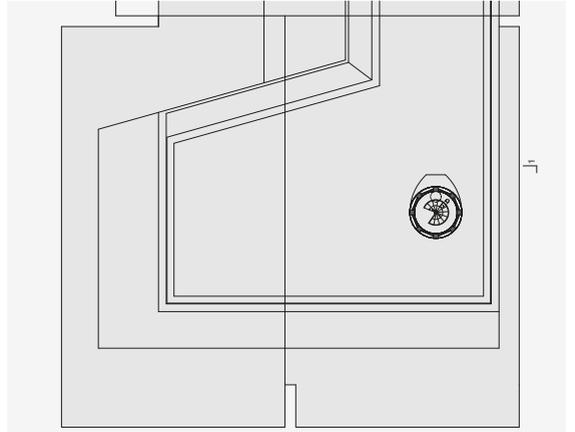




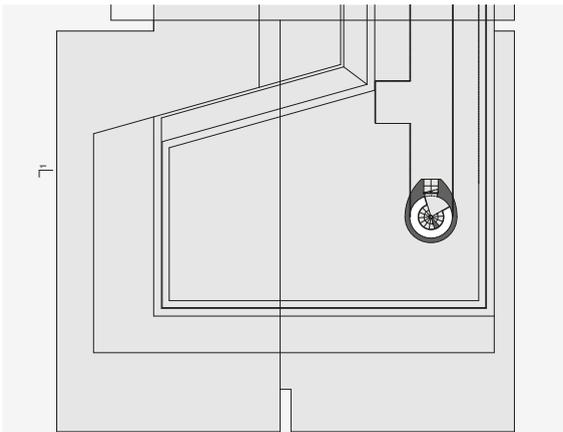
MATERIAIS
 - BETÃO - C25/30
 - AÇO - A490 NR
 - REFORÇAMENTO - 50mm



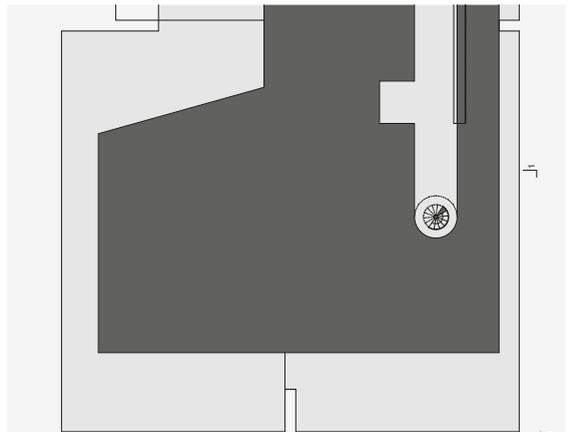
planta à cota +18.50 (cobertura)



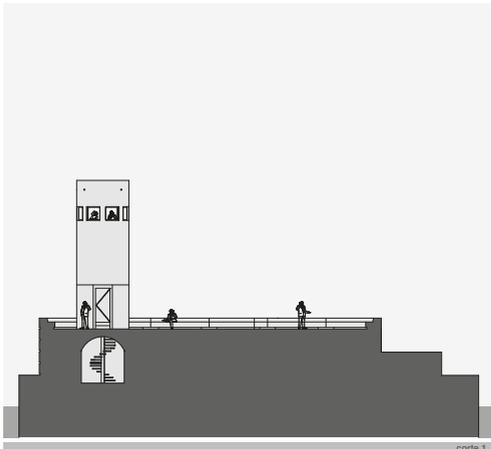
planta à cota +14.70



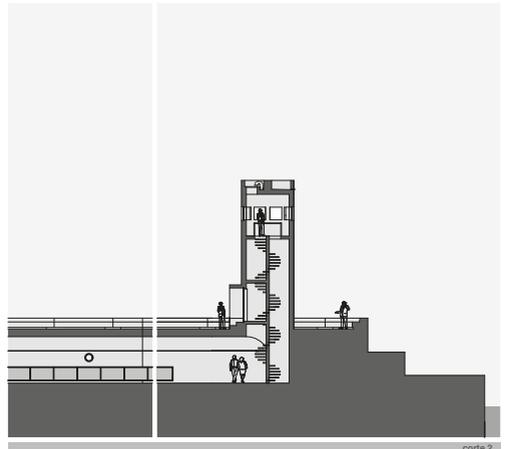
planta à cota +8.50



planta à cota +5.00



corte 1



corte 2



3. Propostas alternativas

As alternativas inconsequentes iniciais

Ideias e mais ideias

Na fase preliminar dos estudos muitas concepções e soluções técnicas foram analisadas e abandonadas pela equipa projectista:

Molhes totalmente submersos que parece que protegiam, mas não protegiam; soluções em “berm-breakwater” que transformaria o Cabedelo num mar de pedras; intervenções que conduziam à necessidade de grandes manutenções; soluções descontínuas que os olhos gostam mas o mar não, etc., etc., etc.

Ideias consistentes e provocatórias, concepções criativas e conservadoras, técnicas clássicas e inovadoras.

Muitas resolviam bem alguma parte do problema mas mal o seu conjunto, outras transformavam a foz do Douro numa aventura académica, outras ainda introduziam um grau de incerteza e risco técnico inaceitável a quem paga, usa e decide.

Uma metodologia rigorosa de selecção

As soluções conceptuais e técnicas propostas resultaram

duma análise das alternativas “possíveis e impossíveis” inicialmente colocadas em cima da mesa pelos vários intervenientes da equipa projectista.

Dessa primeira triagem resultou a selecção do conceito base já referido e de três soluções alternativas para a sua concretização. Essas soluções foram, desde início, desenvolvidas com apoio da modelação matemática, com abordagem ambiental, com avaliação dos custos de investimento e análise de riscos. Como pressuposto estava evidentemente o princípio de desempenho técnico equivalente de um ponto de vista portuário e costeiro.

Qualquer das duas alternativas posteriormente abandonadas previa a implantação de um Molhe Norte no local aproximado do proposto na solução seleccionada, já descrita anteriormente, apenas com outras soluções estruturais.

As maiores diferenças entre as três alternativas seleccionadas situavam-se, portanto, nas implantações e soluções estruturais a sul. Elas mostraram-se mais económicas, mas de maior risco e de impacte paisagístico muito superior, tendo sido abandonadas.



4. Obra

Construir com qualidade

Planejar com rigor

Os processos construtivos desenvolveram-se a par com as opções dos projectos de arquitectura e de engenharia racionalizando aqueles e optimizando estes. Todo esse desenvolvimento assentou nas seguintes bases: 1. O conjunto da empreitada foi tratado como duas grandes obras – obras da Margem Norte e obras da Margem Sul – tão independentes quanto possível nos seus meios técnicos e equipamentos, de modo a criar frentes autónomas, diminuir interferências, aumentar capacidade de produção, minimizar riscos; 2. Os principais estaleiros da Empreitada foram localizados fora dos centros urbanos ou áreas ambientalmente sensíveis, instalando nos locais das obras apenas áreas tão reduzidas quanto possível; 3. A conjugação de meios marítimos e terrestres foi efectuada tendo como objectivos e limites a diminuição de tráfego pesado nas ruas da cidade do Porto, a segurança no cumprimento dos prazos quando condicionados pelo estado do mar, e a conveniência de ter frentes autónomas como meio de facilitar um planeamento mais dinâmico, permanentemente ajustado a essas condições.

Diminuir os impactes durante a construção

Como se tem repetidamente afirmado a concepção da obra e dos seus processos construtivos foram desenvolvidos tendo como enquadramento permanente a diminuição dos impactes durante a construção. Foram tomadas precauções a nível da recolha de informação ambiental inicial e previstas campanhas de observação e recolha de dados periódicas. Além das observações de campo que serviram de base à caracterização das Situações de Referência e caracterização de sedimentos a dragar e a depositar, foi efectuada uma campanha para despiste de eventual localização de elementos com interesse arqueológico. A baixa probabilidade de serem referenciados elementos de interesse arqueológico ou biológico, numa zona tão fustigada pelo mar e formada por fundos

rochosos, não fez esmorecer o ânimo e os cuidados com que essas campanhas foram planeadas e conduzidas.

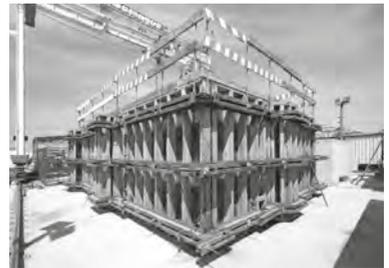
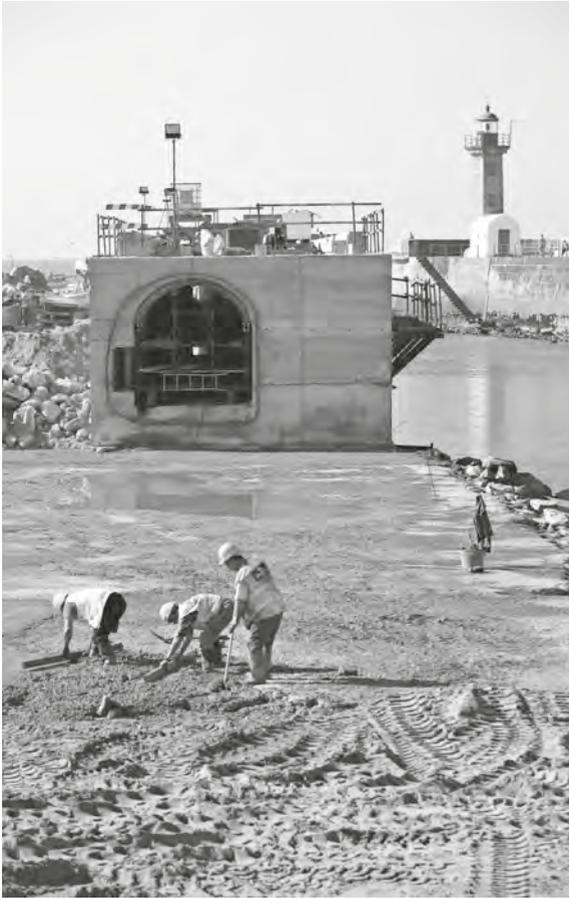
Monitorizar os parâmetros ambientais relevantes

Especial atenção foi dada ao enquadramento ambiental proposto para os planos de monitorização. Correndo o risco do pecado dos excessos, efectuaram-se cinco Projectos de Monitorização Ambiental sobre cinco áreas temáticas fundamentais: Monitorização da Qualidade do Ar, Monitorização de Ruído e Vibrações, Monitorização da Arqueologia Subaquática, Monitorização de Flora e Fauna e Monitorização da Hidrodinâmica, transporte Aluvionar e Evolução Costeira.

Uma opção consequente

Os Termos de Referência deste Concurso de Concepção/Construção eram muito claros sobre a prevalência da excelência da integração urbana e ambiental sobre o factor preço, obviamente no pressuposto do cumprimento integral dos objectivos técnicos de carácter portuário e costeiro. Essa prevalência era bem traduzida no peso dado aos critérios de avaliação das propostas dos vários proponentes. A Proposta de Intervenção aqui descrita traduz claramente uma opção consequente com essa orientação. Os Termos de Referência faziam também um claro apelo à criatividade e à inovação. Também não frustrámos essas expectativas. Mostra a experiência que essa prevalência da qualidade global nem sempre se mantém ao longo do desenvolvimento dos processos técnico-administrativos. A pressão dos parâmetros económicos abafa, muitas vezes, na prática, as boas intenções e a valorização dos seus parâmetros técnicos e ambientais. A nossa aposta, aceite pelo Consorcio Construtor (Somague/Irmãos Cavaco) foi que isso não ia acontecer desta vez. Foi uma aposta forte, num jogo arriscado. A esta ousadia de fazer diferente e fazer novo, houve uma resposta também corajosa do júri de selecção, com a valorização real daqueles parâmetros e o assumir dos riscos que tudo o que é novo sempre tem.

5. Imagens de obra





6. Uma luta permanente com o mar

Esperanças e desesperanças meteorológicas

Os processos construtivos das várias partes da obra são muito condicionados pelas condições meteorológicas. Para algumas acções o problema não é a situação meteorológica a curto prazo (1 a 3 dias) mas a médio prazo (3 a 10 dias).

Era o caso no molhe norte das operações contínuas de transporte de caixotões, regularização da fundação, seu afundamento, selagem á rocha, enchimento e selagem entre caixotões contíguos. No molhe sul era também o caso da reabertura duma frente de obra depois de uma tempestade, execução dos trabalhos sucessivos de colocação dos vários tipos de enrocamentos e blocos artificiais e, perante a ameaça de nova tempestade, a construção de uma nova protecção provisória.

Não há planeamento de resista incólume Não há orçamento que resista estável. Não há decisão que não contenha risco. Não há quem não erre!!

Avanços e recuos na obra a sul

No caso concreto da intervenção a sul as consequências mais visíveis desta luta permanente com o estado do mar foram vários acidentes na progressão das obras, com destruições de protecções provisórias e recuos das frentes.

Se na maior parte das vezes os trabalhos avançavam dois passos para o mar os fazer recuar um passo, alguns casos houve em que os trabalhos avançavam um passo e o mar os fazia recuar dois ou três.

Riscos, insónias e acidentes

Na obra a norte as consequências de destruições e acidentes em certas fases intermédias da construção eram muito mais preocupantes.

Um caixotão afundado fora do alinhamento com o mar a crescer é assustador. Uma operação de enchimento interrompida demasiado cedo pode comprometer definitivamente a sua estabilização. O agravamento das condições de mar, com uma base de assentamento terminada, que aborta o transporte do próximo caixotão, quer dizer recomeçar todo de novo quando o mar acalmar.

Todo o período de preparação da fundação, transporte de caixotões, seu afundamento e selagens, é um período de preocupações acrescidas, insónias e de acréscimo de cabelos brancos para o Director de Obra e os seus principais técnicos.

No caso concreto do molhe norte da barra do Douro, houve muitas situações perigosas e vários pequenos percalços, mas só um acidente digno desse nome, onde um caixotão ficou afundado muito fora das tolerâncias, teve que ser intervencionado e efectuados trabalhos de consolidação.

É de registar e realçar que, numa empreitada com estas características, não houve um único acidente mortal, em nenhuma das suas obras.



apoios

