



24.0
75.7
03
126.4
+ 71.917
00

Sbo

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

#31, maio 2023

Nova ponte sobre o Douro

Porto

José Carlos Nunes Oliveira, Miguel Montesinos e
Filipe Vasques

Editor

Cadernos d'Obra

Diretor

Bárbara Rangel

Coordenação Editorial

Bárbara Rangel

Conceção Gráfica

Teresa Seródio

Texto

José Carlos Nunes Oliveira

O texto está escrito sem considerar o acordo ortográfico atual.

Créditos Fotográficos

Arquivo NOARQ

Impressão

Rainho e Neves

Maio 2023

Depósito legal: 336727/11

ISSN 2184-6065

Tiragem: 500 exemplares

Publicação periódica

n.º 31. Ano XII, maio 2023

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.

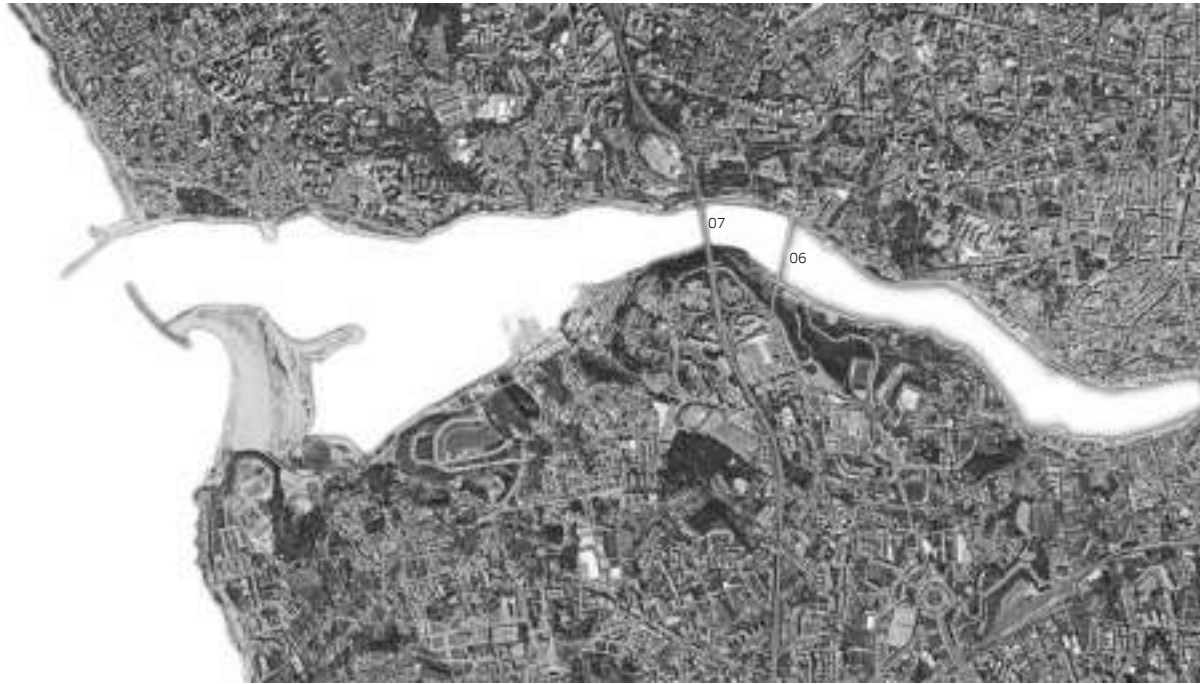
A exatidão da informação, os copyrights das imagens, as fontes das notas de rodapé, bem como a bibliografia, são da responsabilidade dos autores dos artigos, razão pela qual a direção da revista não pode assumir nenhum tipo de responsabilidade em caso de erro ou omissão.

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.

Nova ponte sobre o Douro



1. O desenho da ponte



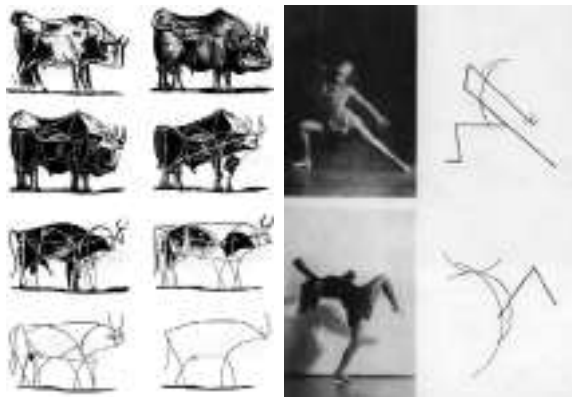


Fig. 01. Esboço corográfico: 01 ponte do Freixo; 02 ponte de São João; 03 ponte Maria pia; 04 ponte do Infante; 05 ponte Luis I; 06 nova ponte; 07 ponte da Arrábida

Fig. 02. Inserção urbana da travessia (fonte: Metro do Porto, Processo de Concurso)

Fig. 03. Pablo Picasso, *El Toro*, 1945

Fig. 04. Wassily Kandinsky, *Dance Curves: On the Dances of Palucca*, 1926

A ponte sobre o rio Douro e acessos entre o Porto (Campo Alegre) e Vila Nova de Gaia (Candal), servirá a linha de Metro entre Casa da Música e Santo Ovídio (Fig. 01), unindo os concelhos do Porto e de Vila Nova de Gaia.

A travessia localiza-se a montante da ponte da Arrábida e insere-se numa zona fortemente artificializada, sobretudo de cariz urbano e comercial, intercalados com pequenas áreas florestais nas encostas, nos dois municípios. Na Fig. 02 é possível observar a localização da travessia e a sua inserção no tecido urbano dos conjuntos dos concelhos interligados.

A ponte pende com “leveza e força” sobre o rio [...] Supõe-se, certamente, que em sentido próprio a ponte é apenas ponte. [...] circunstancialmente, ela pode exprimir outras coisas. Enquanto expressão, a ponte pode tornar-se, por exemplo, símbolo [...] . Se for autêntica, a ponte nunca é, primeiro, apenas ponte e depois símbolo. A ponte é uma coisa e somente isso. [...] ” (1)

O texto de Heidegger serviu de substrato concetual à construção da ponte enquanto coisa, contendor de espaço, enquanto elemento conciliador, integrador e gerador de lugar. Como coisa que é, e símbolo que pode ser, foi submetida a um processo de redução de elementos constituintes e de síntese até à sua essência. Perante o cenário patrimonial, paisagístico e urbano, em que se insere, no tempo de emergência global que vivemos, quanto mais clara e transparente emergir, mais próxima estará da sua vocação conciliadora com o território, com a paisagem, com a economia e com a situação socio-cultural da região. Serve a representação da evolução do touro de Picasso, ou as curvas dançantes de Wassily Kandinsky para ilustrar o processo sistemático de síntese a que submetemos a conceção do objeto.

(1) [Construir Habitar, Pensar] Conferencia na “Segunda Reunião de Darmstadt”, publicada em *Vorträge und Aufsätze*, G.Neske, Pfullingen, 1954, in Heidegger, Martin - Ensaíos e conferencias. Tradução de Emmanuel Carneiro Leão, Gilvan Fogel, Marcia Sá Cavalcante Schuback 8ª Ed. Editora Vozes; Bragança Paulista; Ed. Universitária São Francisco, 2012

Integração geográfica

Assumido o objetivo de projeto de conceber uma nova ponte sobre o rio Douro entre o Porto e Vila Nova de Gaia, a 400 m a montante da ponte da Arrábida, para permitir a passagem de uma nova linha do Metro e criar percursos pedonais e cicláveis entre as duas margens, os pressupostos reunir e conciliar, dependem de adequada integração no contexto territorial. A fase de projeto de execução é a revelação construtiva de uma ideia de produzir território, paisagem e arquitetura. Mais do que, apenas, mitigar impactos, o objetivo é regenerar o território, requalificar o espaço público, através de intervenções complementares à construção da ponte. Retomamos os principais elementos de contexto com os quais a ponte se deverá conciliar:

1. O rio Douro património natural, ambiental, paisagístico e via navegável fundamental à estratégia económica da região;
2. A ponte da Arrábida, congénere obra de arte, monumento nacional, implantada no mesmo local e com a qual, a nova ponte, deve estabelecer diálogo;
3. As encostas e os terraços de ambos os lados do rio, de topografia acentuada marcada pela heterogeneidade da histórica morfologia urbana, constituem os elementos específicos de enquadramento paisagístico e urbano;
4. Os cais, as ruas e passeios marginais ao rio;
5. O conjunto de pontes sobre o rio Douro no Porto, configura uma cronologia iconográfica da cidade, da melhor expressão técnica e estética da engenharia civil em cada época;
6. A relação de escala entre a estrutura ponte, edifícios e pessoas, especialmente junto dos seus apoios;
7. Seleção adequada de pontos de apoio e número de apoios;
8. Tratamento de aterragens e pontos de chegada nos lados do Porto e Gaia;



Fig. 05. O rio Douro

9. O tratamento dos percursos na ponte e os novos pontos de vista que são gerados, nomeadamente nas vias marginais de rio;
10. A relação adequada com os edifícios e monumentos no campo de ação.



A ponte será implantada numa paisagem de grande valor cultural e ambiental muito sensível a impactos cénicos temporários ou permanentes. A permeabilidade para absorção de novas estruturas é logicamente mais reduzida.

Na relação com o **rio Douro**, procuramos evitar impactos ambientais negativos, desde logo garantir a navegabilidade.

A **ponte da Arrábida**, tem um arco de 270 m de vão. Foi recorde mundial na sua tipologia à data da sua construção, sendo atualmente monumento nacional. A proximidade à ponte da Arrábida exige respeito pela sua imagem, fator que determinou que a solução não impedisse a sua contemplação. A nova ponte terá o tabuleiro a 75 m acima do rio, ampliando o *gabarit visual* de enquadramento à ponte da Arrábida, uma vez que a ponte da Arrábida tem os seus apoios atrás das ruas marginais, a nova ponte materializou igual opção para ampliar a panorâmica.



Fig. 06. A ponte de Arrábida

Fig. 07. As encostas e passeios do Douro na área de projeto

A nova ponte não pode ser interpretada sem a existência da ponte da Arrábida. A sua conceção nasce da relação visual e de proximidade à Arrábida, só esta dependência de enquadramento lhe confere justificação. Mantivemos a inviolabilidade da horizontal à cota alta, a relação com as encostas e a tradição das pontes do Porto. A nova ponte não pode ser uma operação mimética, deverá ser uma evolução – a sua síntese, silenciosa.

As **encostas e socacos do rio** elevam-se com características diferentes em ambas as margens do rio. O declive do lado de Gaia é essencialmente florestal. O declive silvestre é interrompido na crista da encosta pela Via 8 que terá de ser atravessada pela ponte e onde posteriormente se integrará a futura estação do Arrábida Shopping. Nos terraços da encosta da margem direita, lado do Porto, a densidade urbana dispõe de poucas opções de apoio, sendo o topo coroado por edifícios de especial valor simbólico e arquitetónico, a Faculdade de Arquitetura do Porto. Nesta encosta a preocupação com o património edificado e com eventuais prejuízos de carácter social, impõe especial atenção. a eleição dos locais de apoio, o seu dimensionamento e forma dos pilares.

Os passeios e marginais de rio, serão os principais pontos de vista da nova ponte. À medida que o observador se aproxima da ponte, ao longo desses percursos, o enquadramento visual que exerce sobre a ponte da Arrábida deverá fornecer pistas para o seu desenho, em particular para localização dos seus apoios, com vista à criação da moldura adequada ao quadro existente. Nenhuma opção estrutural deverá cruzar a panorâmica do seu arco, ou elevar estruturas auxiliares acima do seu tabuleiro, perturbando o silêncio acima da linha da Arrábida.

As pontes do Porto

Existem seis pontes sobre o Douro entre Porto e Gaia. Constituem verdadeiros marcos técnicos no momento da sua construção, respondendo com a máxima eficiência às condições tecnológicas que lhes foram apresentadas. As duas pontes mais antigas, de Maria Pia e Luis I, são ambas projeto de Théophile Seyrig. Construídas em 1877 e em 1886. Apresentam uma estrutura em arco do tipo treliça com vãos de 160 e 172 m, desenvolvendo o seu tabuleiro principal a cerca de 60 m sobre o rio. A ponte da Arrábida projetada em 1963 por Edgar Cardoso



com um vão de 270 m é uma ponte em arco em betão. A ponte de São João, também obra de Edgar Cardoso, inaugurada em 1991, é um pórtico ferroviário de betão armado pré-esforçado com vão de 250 m. Mantém-se como recorde mundial na sua tipologia, localizada a apenas 170 m da ponte Maria Pia, instalou-se ao seu lado sem competir formalmente com a anterior. [Fig. 08]

A ponte do Freixo, obra de António Reis inaugurada em 1995. Construída com vãos de 150 m, a obra assume uma conceção com pilares no leito do rio, onde apoia rigidamente um tabuleiro em caixão de betão armado pré-esforçado com altura variável.

A ponte Infante D. Henrique é obra dos engenheiros Fernandez Ordoñez, Adão da Fonseca e Millanes Mato. É um arco flexível poligonal altamente rebaixado sobre o qual repousa um tabuleiro rígido de betão pré-esforçado. Foi inaugurada em 2003 com um vão principal em arco de 280 m.

Existem, portanto, 4 pontes em arco com características e materiais diferentes e duas pontes tipo pórtico, também bastante diferentes entre si. A nova ponte com vão próximo de 400 m deve assumir-se como uma evolução em relação às pontes existentes, recolhendo a história e tradição dos precursores como uma continuidade lógica.

Projetar uma nova ponte urbana com 400 m de vão e 70 m de altura, suscita atenção ao tratamento da **escala**. Escala, proporção e ritmo são temas sensíveis, pouco tangíveis e de duvidoso acerto. Evitar que as dimensões

Fig. 08. As pontes Luís I, Infante Henrique, Maria Pia, São João e Freixo



extraordinárias produzam rotura na escala da cidade, ou com a imagem das demais pontes vizinhas é a dúvida que se instala. A ponte deve buscar esbelteza, sem renunciar à materialidade, mantendo dimensões fisicamente adequadas. Porém, à medida que a ponte atinge os seus apoios, em direção ao rio e à cidade, a dimensão dos seus elementos deve reduzir-se para que possa ser assimilada pela escala humana e edifícios existentes. [Fig. 09]

Pontos finais de inserção e desembarque

Os apoios selecionados são no menor número possível e estão sempre localizados nos pontos de menor impacto e com a melhor integração na orografia, admitindo a possibilidade de gerar novos espaços livres urbanos nos interstícios criados. [Fig. 10]

Fig. 09. Maquete 1:500 - ponte da Arrábida e nova ponte Metro do Porto

Fig. 10. Nova ponte Metro do Porto

Arrábida shopping

A ligação na margem esquerda do lado de Gaia far-se-á diretamente à estrutura da nova estação de metro da Arrábida, localizada entre a via Engenheiro Edgar Cardoso (VL8) e a rua Camilo Castelo Branco. A plataforma da estação e o tabuleiro da ponte têm acesso no topo sul para a rua Manuel Moreira Barros, estabelecendo ligação franca com a entrada do centro comercial e o Hospital da Arrábida. A proposta apresenta um tabuleiro que transpõe a VL8 e encontra o maciço da estação com a menor expressão possível do seu caixão – altura de 1 m. Por este motivo optamos por colocar o último apoio entre a VL8 e a rua Camilo Castelo Branco. [Fig. 11]

Mantivemos o desejo de ver incluído este conjunto, constituído por redes viárias, grandes superfícies comerciais em confronto com a encosta abandonada, naquilo que tem sido a estratégia de requalificação da cidade de Vila Nova de Gaia, promovendo a regeneração do espaço público, através de um desenho urbano humanizado. As estradas serão transformadas em ruas, com inclusão de circulação de peões nas suas margens, dotadas de diferenciação de tráfego, de vegetação e sem barreiras arquitetónicas. Recordando de que toda a operação deriva de um programa de mobilidade das populações à escala local e regional, sustentada por uma estratégia

de humanização e de descarbonização da área metropolitana do Porto, explorámos na proposta a ligação entre as cotas do espaço comercial e da margem ribeirinha. É a oportunidade de repensar e materializar a utilidade lúdica, turística, biológica e pedagógica do maciço arbóreo e de leiras que se estendem até ao cais do Lugan.

Polo Universitário Campo Alegre

Na ligação da margem direita, a linha do metro emerge de um túnel no terreiro frente à Casa da antiga Quinta da Póvoa (onde situam os serviços administrativos da Faculdade de Arquitetura do Porto – FAUP). Para mitigar maior perturbação visual, o tabuleiro emerge do terreno da forma mais subtil e transparente possível, na travessia sobre a via panorâmica Edgar Cardoso. A preocupação voltou-se para o ajuste da altura do tabuleiro, fixá-lo suficientemente acima das coberturas dos blocos de habitação da rua da Calçada da Boa Viagem e pousando-o abaixo do coroamento do muro da Quinta da Póvoa (FAUP). O projeto de integração urbana da extremidade do tabuleiro insere-se no projeto de arranjos exteriores da Faculdade de Arquitetura do Porto, da responsabilidade do Arq. Álvaro Siza. Trata-se de uma requalificação inclusiva de caráter essencialmente florestal e de integração do complexo da faculdade com os territórios de

- 01 | Área verde de enquadramento paisagístico
- 02 | Via 8 (sentido poente)
- 03 | Via 8 (sentido nascente)
- 04 | Canal de desembarque da ponte
- 05 | Perfil de transição entre perfil da ponte e perfil de desembarque
- 06 | Desvio rua Camilo Castelo Branco
- 07 | Separadores verdes de tráfego
- 08 | Perfil da ponte

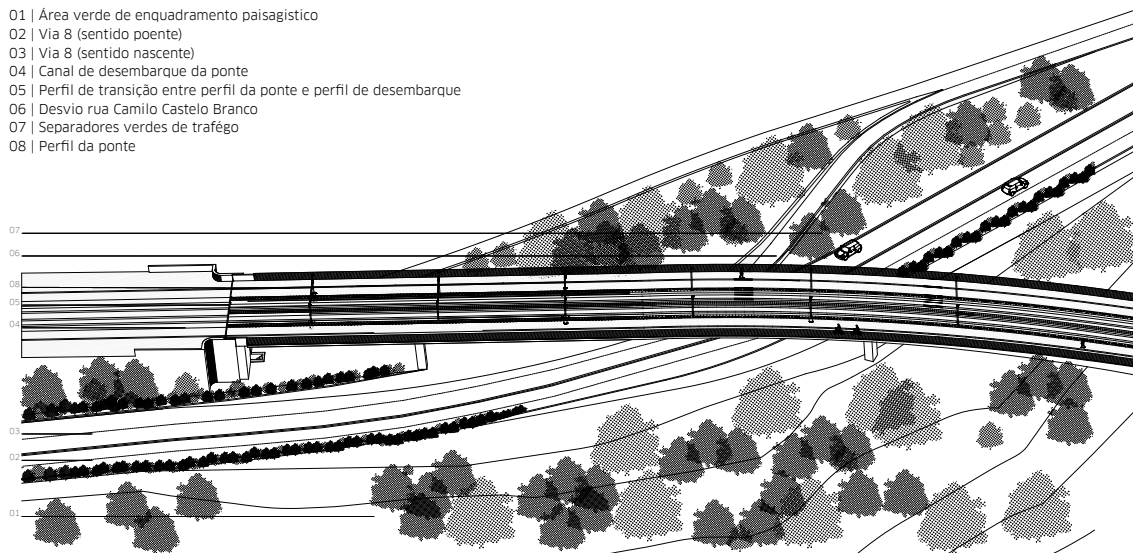
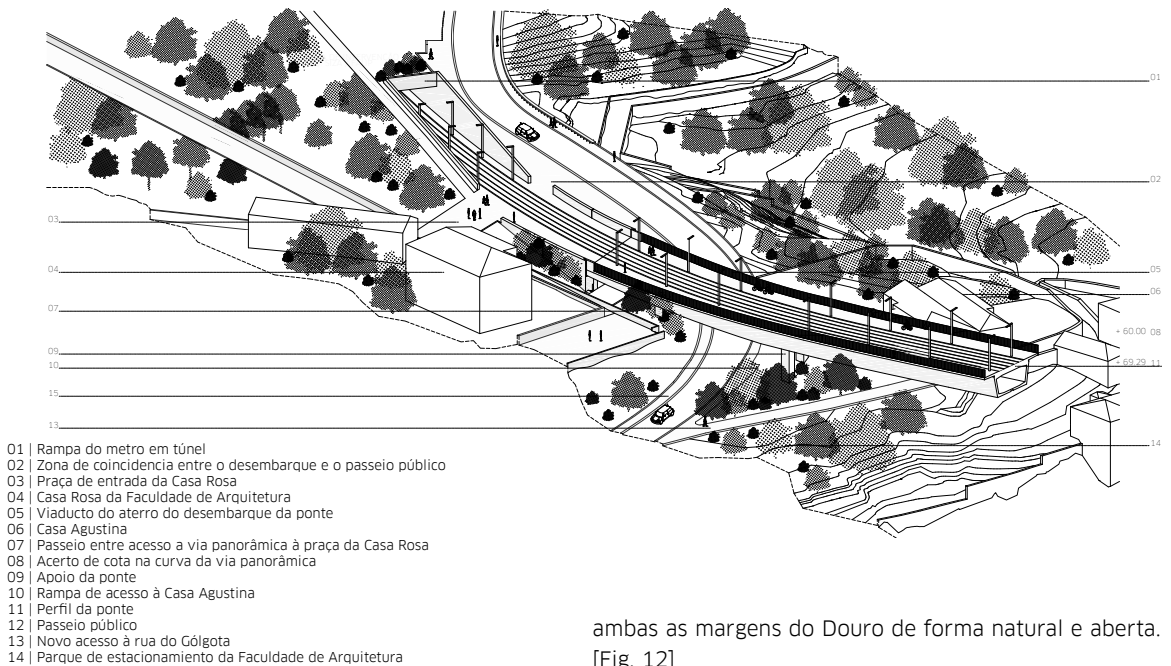


Fig. 11. Inserção e desembarque Arrábida, VL8, V. N. Gaia



ambas as margens do Douro de forma natural e aberta. [Fig. 12]

Para obtenção da adequada integração com os edifícios existentes, definimos como princípio uma cuidadosa localização e redução da expressão dos pontos de apoio. Por exemplo, o apoio vertical (P5) na margem esquerda está localizado atrás dos edifícios existentes. Na margem direita, o apoio vertical principal (P4) alinha-se com as fachadas dos edifícios contíguos de forma a não criar obstáculo visual para as mesmas, constituindo-se como mais um elemento do tecido urbano. O traçado da ponte é definido de modo a este suporte ficar centrado entre os dois edifícios existentes. O apoio vertical seguinte (P3), no sentido da encosta, está localizado por trás do edifício, num ponto onde sua altura é significativamente reduzida.

O desenho

A ponte é a construção que reúne dois pontos separados por um acidente geográfico. Como construção estranha não pertence à natureza de nenhuma das margens que liga. É um artifício. Nesta geografia da foz do Douro é uma construção monumental, potencialmente um obstáculo visual. Neste sentido, o desejo supremo da ponte

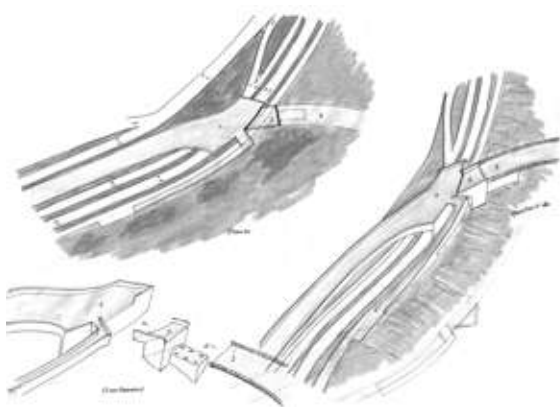


Fig. 12. Inserção e desembarque no polo universitário, via panorâmica - Porto

Fig. 13. Esquissos - estudos para inserção na Arrábida

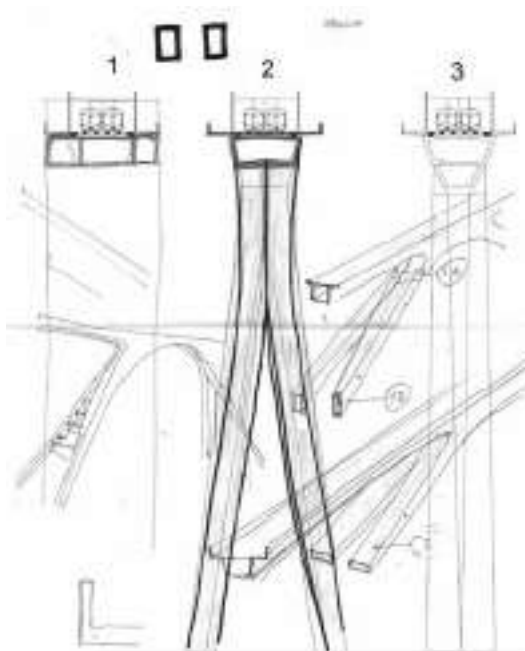


Fig. 14. Relação com a ponte Arrábida

Fig. 15. Integração no local

Fig. 16. Esquissos - estudos das escoras do arco

é tornar-se invisível. Não sendo possível, retomando a força do pensamento construtivo de Heidegger, aproximar-se da transparência será a sua ambição mais realista. [Fig. 14, 15]

Definem-se assim os princípios do projeto:

1. Evitam-se soluções de ponte com elementos suplementares no tabuleiro, com o objetivo de tornar mais esbelta a viga principal. Critério fundamental para que a estrutura da viga competisse com a linha de fecho da cidade, ou que se projetasse acima dos edifícios que coroam a encosta [Fig. 16];
2. Separar os elementos pilar e escora do pórtico para reduzir a sua dimensão lateral e fazer com que a sua escala se integre com o casario em cascata;
3. Utilizar um único material, uma só cor, diretamente relacionada com o vazio do acidente geográfico, com a cor da luz da cidade;
4. Utilizar formas claras e um reduzido número de elementos para evitar perturbação visual de enquadramento paisagístico, sintetizando o elemento essencial da ponte como elemento construído.

Perfil da ponte

Ao longo do seu traçado, o perfil tipo da ponte é

praticamente constante, a variabilidade formal e dimensional dá-se no perfil do caixão. O perfil de tabuleiro foi em primeira fase organizado em função do principal canal de transporte, uma via de dois sentidos para o metropolitano de superfície. O espaço do tabuleiro é entendido como domínio do cidadão que caminha e se apropria do território. Todos os tipos de tráfego (ferroviário, pedonal e ciclável) foram, por isso, colocados em paridade; lado a lado. Convivem, sem desníveis, nem separações físicas.

A estrutura - ponte - foi entendida como um objeto uno e indivisível. A sua conceção construtiva é integral. A conceção dos seus revestimentos nasce da radicalidade da sua natureza una e contínua até ao momento de encontro com as cidades. Na superfície do tabuleiro rejeitamos a materialidade que marca e emerge do solo da cidade, o granito amarelado, elegemos o betão como estrutura e material de revestimento.

Corredor do metro

O corredor do metro, de dois sentidos, implantou-se ao centro do perfil, com uma largura total de 6,44 m. O canal do metro é revestido com betão desativado branco. O pavimento é interrompido de 40 em 40 m

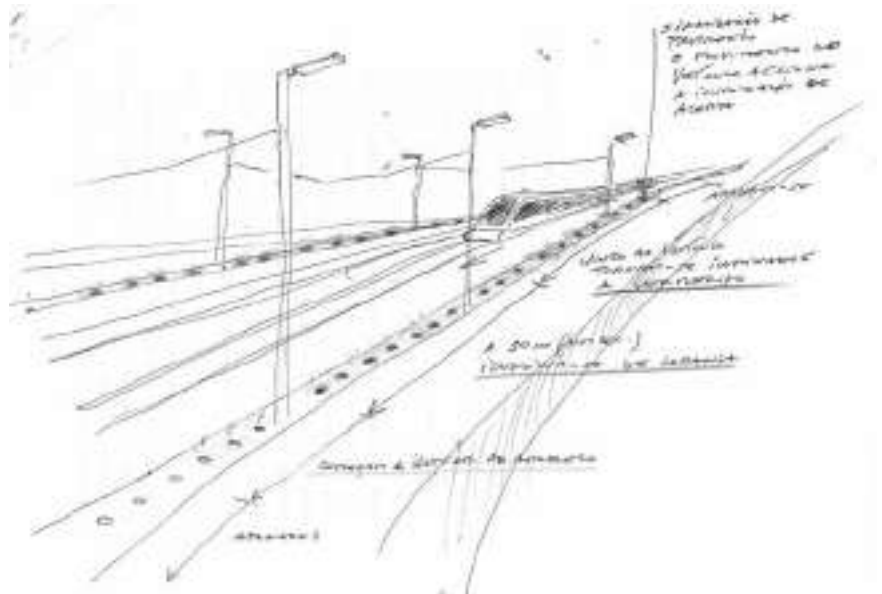


Fig. 17. Esquisso - estudo da faixa de postes de catenária e de sinalização do corredor do metro

pelas grelhas de drenagem transversal da via, sem juntas de retração. Tem uma inclinação no a partir do eixo para o exterior de 0,5%. As margens da via são definidas por uma grelha linear de drenagem de águas pluviais. Na interseção das ranhuras de drenagem transversal com a drenagem longitudinal de via, de 40 em 40 m, existem tampas de acesso às caixas de visita da rede de águas pluviais. [Fig. 17]

O corredor de metropolitano é limitado por uma linha de postes de catenária com um ritmo de 20/20 m. Entre ambos os sentidos da ferrovia foi instalado, a toda extensão da ponte, um tapete contínuo de módulos de pavimento fotovoltaicos para geração de energia elétrica que dotaram de autossuficiência energética todas as necessidades elétricas da ponte.

Corredores cicláveis e pedonais

Ambas as margens do corredor do metropolitano são acompanhadas de corredores cicláveis, com uma largura útil de 1,50 m, para cada sentido de trânsito.

As extremidades do perfil do tabuleiro, favorecidas pelas vistas de rio, de mar e de cidade foram dedicadas ao trânsito pedonal. Entre o limite do tabuleiro confinado pelo guarda-corpos e a guia de granito que separa peões de ciclistas, estabelece-se um passeio público de 2,20 m de largura útil. O pavimento é, em toda a extensão do tabuleiro em betão desativado mesclado idêntico aos demais corredores. Tem inclinação de 1% de ambas as margens para o centro do tabuleiro. [Fig. 18]

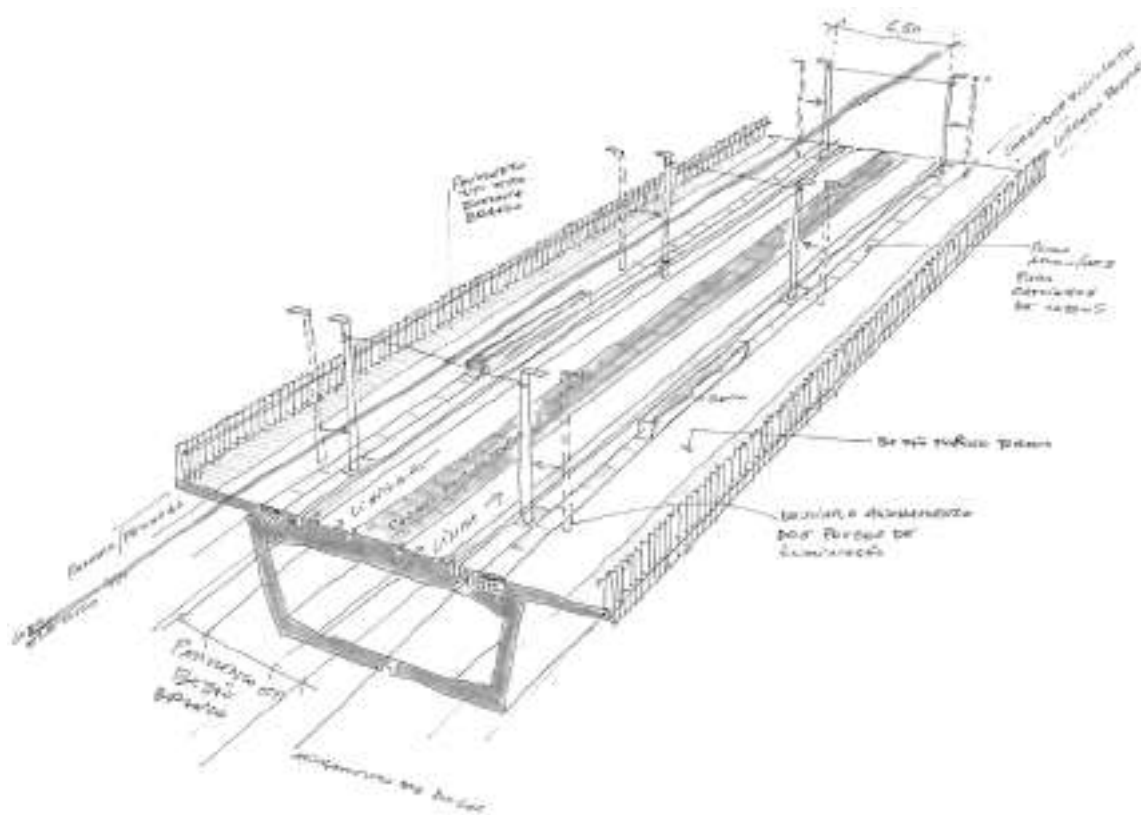


Fig. 18. Esquisso - axonometria

2. A estrutura da ponte

Em termos de conceção, a primeira decisão fundamental passou pela definição da posição dos apoios principais da obra de arte. De acordo com os termos de referência do projeto, estes devem necessariamente estar fora do leito do rio. Se estivessem dispostos exatamente no limite do leito, anexos às vias marginais, o vão principal seria de cerca de 330 m. No entanto, esta posição acarretaria grandes desvantagens, nomeadamente:

- Haveria mais danos ao leito do rio;
- Existiria um risco de impacto de barcos, pois na beira do rio a altura livre seria muito baixa;
- Criaria um maior obstáculo visual para os edifícios da margem esquerda e direita e para a observação da ponte da Arrábida a partir da marginal, uma vez que a ponte da Arrábida tem os seus apoios atrás da marginal;
- Implicaria soluções de fundação complexas e onerosas, já que na margem direita a rocha se situa a uma profundidade de 20 m.

Assim, como ponto de partida, assumiu-se que os apoios em ambos os lados se deviam situar atrás da marginal e, no caso da margem esquerda, atrás do edifício existente do Armazém da Arrozeira. O resultado é um vão principal de aproximadamente 400 m, materializado por uma implantação de apoios que otimiza a integração com edifícios existentes, reduz o impacto visual com a ponte da Arrábida, tem nula afetação ao rio e otimiza as condições de fundação.

As soluções do tipo arco e pórtico aproveitam como parte do mecanismo resistente a altura da ponte de aproximadamente 75 m, determinada pela posição dos pontos de ligação, e pela procura de uma cota ligeiramente superior à ponte da Arrábida.

Para um vão central da ordem dos 400 m existe um conjunto limitado de soluções tecnológicas estruturais eficientes, nomeadamente as pontes em arco, pontes pórtico, pontes atirantadas e pontes suspensas.

As soluções de ponte atirantada ou ponte suspensa

foram descartadas por exigirem a disposição de elementos acima do tabuleiro, o que, do ponto de vista de integração na cidade, na paisagem e na relação com as pontes existentes no Porto, seria uma opção muito negativa. Em especial no que concerne à ponte da Arrábida, estas opções gerariam um obstáculo visual pela sua maior altura e criariam uma imposição à imagem e presença deste monumento nacional.

As soluções do tipo arco são eficientes para esta faixa de vãos e permitem ter pilares intermédios por meio de apoios verticais no arco que reduzem os vãos do tabuleiro. No entanto, na encosta da margem direita, embora exista um espaço com a dimensão suficiente para implantar um pilar, a excessiva proximidade dos edifícios existentes torna tal opção fortemente desaconselhável por diversos motivos: afetação à estabilidade dos edifícios, grandes dificuldades de acesso de meios para construção, mas sobretudo um relevante impacto visual e uma quebra da escala urbana inaceitável. Assim, este ponto intermédio de apoio foi desconsiderado, levando a adotar um vão superior a 100 m, o que também é positivo para gerar menor afetação visual nesta zona.

Sendo necessário, mesmo fora do vão principal, um tabuleiro com capacidade para resistir a um vão superior a 100 m, a eventual redução do espaçamento entre os apoios do tabuleiro sobre o arco não resultaria numa vantagem real. Além disso, a multiplicação de elementos verticais de suporte intermédio que surge com as soluções correntes em arco, tornaria a solução menos transparente e menos “sintética” que se afasta dos objetivos de projeto. [Fig. 19]

A solução do tipo pórtico permite que o vão principal seja dividido em 3 troços mais curtos para o tabuleiro e revela-se neste caso estruturalmente muito eficiente, facto que motivou a sua adoção. Para tal, considerou-se a sequência entre os pontos de apoio para o tabuleiro no vão principal de $124,3+180+124,3$. Esta sucessão de vãos é muito adequada, tanto do ponto de vista formal, pelo ritmo e proporção que se cria, como também pelo



equilíbrio e compensação estrutural, visto que a relação entre os vãos adjacentes e o vão principal é de aproximadamente 0,7. Em consequência, o tabuleiro é prolongado para ambas as margens até atingir os encontros, numa sucessão equilibrada com uma modulação de vãos de $21+30+55+104+428,6(124,3+180+124,3)+98,4+65+33$ m, onde a relação de vãos adjacentes está sempre próxima do ótimo estrutural.

Assumindo esta tipologia como base de conceção, outra decisão inicial fundamental foi a opção pelo betão como material estrutural principal. Os motivos desta escolha estão associados à durabilidade, manutenção e custo da estrutura. Em ambiente marítimo, uma estrutura de betão tem maior durabilidade do que uma estrutura metálica, garantindo uma vida útil mais longa com menos operações de manutenção e menor custo durante sua vida útil. Por outro lado, apresenta um custo de construção inferior e menor risco económico, principalmente no atual contexto inflacionário em que o preço do aço como matéria-prima tem subido rapidamente.

Para esta faixa de vãos entre 100 e 180 m, o tabuleiro com secção em caixão de betão armado pré-esforçado de altura variável é a solução tecnológica mais competitiva e eficiente no contexto do ciclo de vida, tanto a nível estrutural como económico, dando origem a estruturas resistentes e robustas, porém esbeltas e elegantes. Exemplos deste tipo de estrutura de tabuleiro com secção de altura variável são a ponte de São João ou a ponte do Freixo. A aresta inferior variável e ligeiramente curvada é a solução mais eficiente tecnologicamente, visto

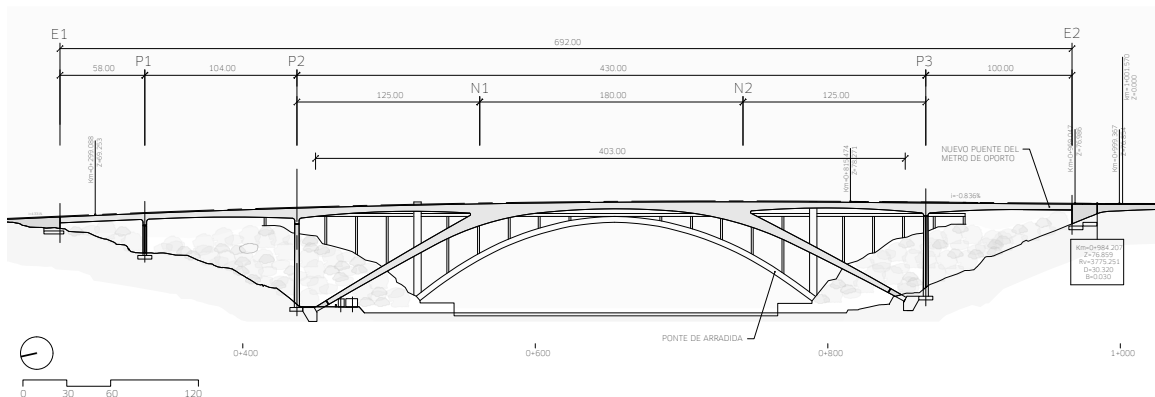
que responde diretamente às leis de variação de tensões, permitindo aumentar os vãos e reduzir o número de apoios. A forma segue assim a função estrutural, ou seja, a principal da ponte.

A altura da secção do tabuleiro é variável, com um valor máximo sobre os apoios de aproximadamente $1/18$ do vão, ou seja, da ordem de 7 m nos pilares principais adjacentes aos vãos de 125 m e da ordem de 10 m nos nós do vão principal entre os apoios intermédios das escoras inclinadas do pórtico. A altura mínima é da ordem de $1/40$ a $1/45$ do vão principal, ou seja, neste caso 4,5 m no vão principal de 180 m. Para complementar a integração e equilíbrio do conjunto, considerou-se uma secção de 4 m de altura no centro dos vãos de 100 e 125 m e uma altura que diminui progressivamente nas extremidades da ponte, reduzindo o comprimento dos vãos e adaptando-se à altura acima do solo. Note-se que estas alturas de secção de tabuleiro a uma cota de mais de 70 m acima do solo não estão fora de escala, mas sim em proporção com o vão a transpor e com os restantes elementos da estrutura.

A solução do tipo pórtico é eficaz nesta faixa de grandes vãos. São exemplos construídos a ponte Cadore (Itália) com vão de 275 m ou a ponte Sfalassa (Itália) com vão de 376 m. No entanto, as pontes pórtico não atingem normalmente as proporções e a fluidez que se buscam na estrutura concebida e aqui descrita, em que o tabuleiro e as escoras se integram, formando uma peça única, fluida e contínua, para compor uma peça que se relaciona inegavelmente com a curva do arco da ponte da Arrábida. Uma configuração em pórtico reto e com mais apoios verticais não dialogaria adequadamente com a ponte da Arrábida, pelo que se procurou uma configuração que fosse uma evolução e uma consequência desta, em que convergem esta forma de pórtico e a de arco da ponte da Arrábida, em resposta a esta especificidade de contexto.

Assim, o pórtico foi modulado por meio de duas escoras inclinadas com um ângulo muito rebaixado, de aproximadamente 30° , subindo a uma altura de aproximadamente 67 m e com uma projeção horizontal de 110 m. As escoras são encastradas no tabuleiro e aumentam continuamente a sua espessura, desde os 3 m na nascença, até aos 9 m na conexão com o tabuleiro. Esta curva liga-se ao bordo inferior variável do

Fig. 19. Área sem espaço para apoios ou com problemas para acesso construtivo (rua do Bicalho/calçada da Boa Viagem)



tabuleiro, prolongando-se neste e formando assim uma curvatura única, um arco-pórtico que emoldura ao fundo a ponte da Arrábida, exaltando-a. Julga-se que esta dualidade de arco e pórtico curvo é a ideal tanto do ponto de vista estrutural como para constituir uma síntese da ponte da Arrábida, cujo arco se relaciona positivamente com a nova estrutura. [Fig. 20]

Uma vantagem adicional da solução arco-pórtico é que utiliza a fundação rochosa, transmitindo as forças inclinadas das escoras para o solo. Desta forma, o substrato rochoso existente é aproveitado de forma eficiente como parte da estrutura. Outra vantagem é que todo o arco-pórtico formado pelas escoras inclinadas e o troço de tabuleiro entre elas fica permanentemente comprimido, melhorando também a durabilidade do conjunto.

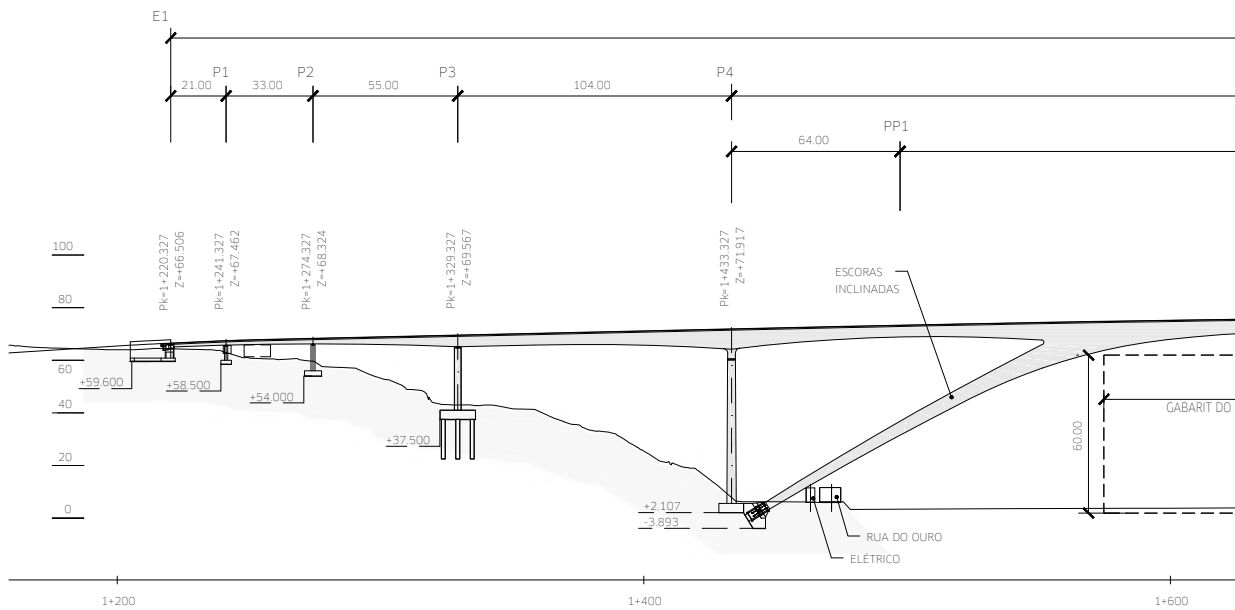
Sendo a durabilidade uma das preocupações fundamentais da solução proposta, procurou-se materializar uma estrutura o mais monolítica possível, com o menor número de aparelhos de apoio e juntas, como potenciais elementos suscetíveis de manutenção e/ou substituição ao longo da vida útil da estrutura. Por este motivo, tanto as escoras inclinadas do arco-pórtico, como os pilares principais (P4 e P5) estão encastrados na base e na sua ligação ao tabuleiro, opção que também contribui para a ideia de projetar a ponte como uma peça única contínua e fluida. O ponto central do vão principal é assim o ponto fixo da estrutura para os movimentos horizontais longitudinais. Os restantes pilares (P1, P2, P3, P6 e P7), mais curtos e mais afastados do ponto fixo, possuirão aparelhos de apoio móveis, guiados no sentido

longitudinal, bem como os encontros. Serão utilizados aparelhos de apoio esféricos de maior durabilidade, que garantem uma vida útil de mais de 50 anos e só haverá juntas de dilatação nos encontros.

Outra decisão de projeto fundamental é que as escoras inclinadas do arco-pórtico na direção transversal se abram a partir da conexão com o tabuleiro para baixo, dividindo-se em dois elementos independentes e separados, o que traz vários benefícios estruturais e formais. Em primeiro lugar, permite que a largura total ao atingir a base seja de aproximadamente 20 m, o que otimiza a estabilidade transversal face às relevantes ações do vento e dos sismos, tendo em conta a altura e envergadura da estrutura. Um apoio único contínuo em cada margem implicaria um enorme impacto visual nos edifícios envolventes e um elemento de dimensões excessivas que dificilmente se integraria na escala da cidade, com edifícios tão próximos em ambiente urbano. Em segundo lugar, esta solução de escora dupla permite também uma melhor distribuição da carga nas fundações e potencia a esbelteza da estrutura ao atingir o solo, o que limita o seu impacto visual e facilita a sua integração na escala urbana da cidade e dos edifícios que a rodeiam. As esbeltas escoras estão altamente comprimidas, o que, dado o seu comprimento de aproximadamente 125 m, implica a inserção dum elemento de estabilização intermédio entre elas.

De forma similar, os pilares principais são subdivididos em dois elementos com largura inferior a 3 m, com uma abertura central para reduzir o impacto visual nos

Fig. 20. Nova ponte sobre o rio Douro e sua relação com a ponte da Arrábida



edifícios existentes, aumentar a transparência e evitar a quebra da escala urbana implícita à colocação de paredes muito largas com mais de 60 m de altura tão perto dos edifícios existentes.

Conforme foi acima detalhadamente apresentado e justificado, ainda que formalmente fora da zona protegida associada à ponte da Arrábida, o projeto responde às condicionantes inerentes à mesma com a máxima transparência e respeito. Tal é conseguido reduzindo o número de apoios, enquadrando da forma mais adequada e respeitosa a ponte existente, sem bloquear qualquer visão dela de diferentes pontos de vista, incluindo as estradas em ambos os lados, uma vez que a inserção dos apoios é feita atrás destas. [Fig. 21]

Em conclusão, a estrutura da nova ponte sobre o Douro possui esquema estrutural muito simples e eficiente, altamente robusto e redundante, o que o torna extremamente confiável e eficaz. Para além disso, transmite simultaneamente uma grande sensação de esbelteza, o que é fundamental numa estrutura desta dimensão e potência, para se poder integrar adequadamente num ambiente urbano sensível, em que são essenciais a máxima transparência e a perceção de uma função estrutural clara.

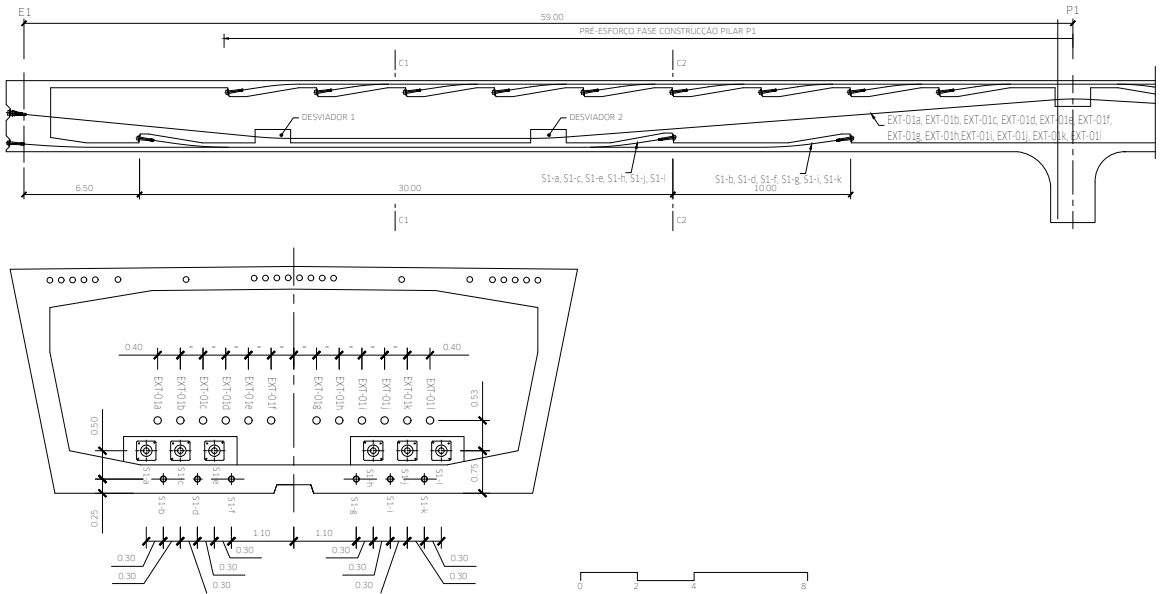
Tabuleiro

O perfil transversal tipo sobre a obra de arte tem uma largura total de 15,40 m, compreendendo uma plataforma central para duas vias de metro com 6,40 m e dois passadiços laterais reservados para ciclovias e peões com largura de 4,3 m cada. Os postes que servem de suporte à catenária e os postes de iluminação são dispostos no limite do gabarito livre de obstáculos da plataforma do metro, de forma que haja de cada lado uma largura livre constante de 4 m para o uso de peões e ciclistas.

Este perfil é materializado na obra de arte sobre uma secção estrutural em caixão com consolas laterais. O caixão tem uma largura de 10 m ao nível superior, de onde nascem as consolas laterais com 2,70 m de vão. A plataforma do metro é materializada com base numa solução de via betonada através duma laje com 0,50 m de espessura, assentando por sua vez na laje de topo do caixão. Fora desta área as consolas laterais são elevadas para deixar apenas 10 cm de espessura para instalar o pavimento pedonal.

Também estão integrados na parte superior os necessários espaços para multitubos e drenagem, em ambos

Fig. 21. Alçado da nova ponte sobre o rio Douro



propósitos de eficiência estrutural anteriormente descritos, reproduz a existente no tabuleiro da ponte da Arrábida, e reafirma a ideia de que o desenho da nova ponte é uma evolução, uma síntese ou uma consequência daquela ponte. [Fig. 23]

O tabuleiro inclui três tipos de pré-esforço. O pré-esforço da fase construtiva está disposto na laje superior e permite resistir aos momentos induzidos pelo avanço em consola. O pré-esforço de continuidade é também

interior, estando disposto na laje inferior com *bossages* de ancoragem intermédia, servindo para resistir aos momentos positivos no meio vão que se instalam depois do fecho dos vãos. [Fig. 24]

O tabuleiro é ainda dotado de pré-esforço exterior, tensionado depois de executados os avanços em consola, o qual é dimensionado para a restante carga permanente da ponte e sobrecargas de utilização. Este pré-esforço exterior é passível de retensionamento, substituível e

Fig. 23. Relação da geometria do tabuleiro com a ponte da Arrábida

Fig. 24. Esquema-tipo do perfil longitudinal do tabuleiro

Fig. 25. Esquema-tipo do pré-esforço no tabuleiro

totalmente acessível para inspeção, o que constitui uma vantagem importante para a sua durabilidade e manutenção e para garantir uma vida útil igual ou superior a 120 anos. Além disso, o pré-esforço exterior permite reduzir as espessuras das almas, o que resulta na otimização da estrutura e redução do peso da ponte. [Fig. 25]

Fundações

A fundação da generalidade dos apoios é diretamente assente em rocha, nomeadamente na formação granítica existente, com exceção do pilar P3 que será dotado de fundações indiretas por virtude dos condicionamentos geológicos singulares do seu local de implantação.

As fundações do arco-pórtico são grandes maciços de betão com cerca de 10 m de altura, com 37 m de largura

Tabela 1. Resumo das condições de fundação dos encontros e pilares

Pilar	Cota da base da sapata	Profundidade média de fundação [D]	Largura da sapata [B]	Comprimento da fundação [L]	Grupos geomecânicos /Formação geológica*
	(m)	(m)	(m)	(m)	
Encontro E1	59,6	6	5,4	-	G1(γ_M)/G2 (γ_M)
Pilar P1	58,5	4,5	4,0	9	G1(γ_M)
Pilar P2	54,0	5	6,5	10,5	G4,1 (γ_M)
Pilar P3	Fundações Indiretas por Estacas				
Pilar P4	-3,9-2,1	4,2-10,15	20,7	10,4-37,0	G2 (γ_M)
Pilar P5	16,7-20,1	8-13,0	21,8	15,0-37,0	G2 (γ_M)
Pilar P6	57,5	12,7	10,5	14,5	G2 (γ_M)
Pilar P7	66,5	8,05	6,5	10,5	G1 (γ_M)
Encontro E2	70,3	3,4	6	-	G1 (γ_M M)

e uma superfície inclinada de lado no contacto com a rocha perpendicular à inclinação das escoras inclinadas. A fundação dos pilares está prevista com fundações diretas de dimensões variáveis, adaptadas às cargas a transmitir ao substrato rochoso.

Em alguns casos, será necessário realizar um reforço do maciço rochoso por via de injeções. [Fig. 26]

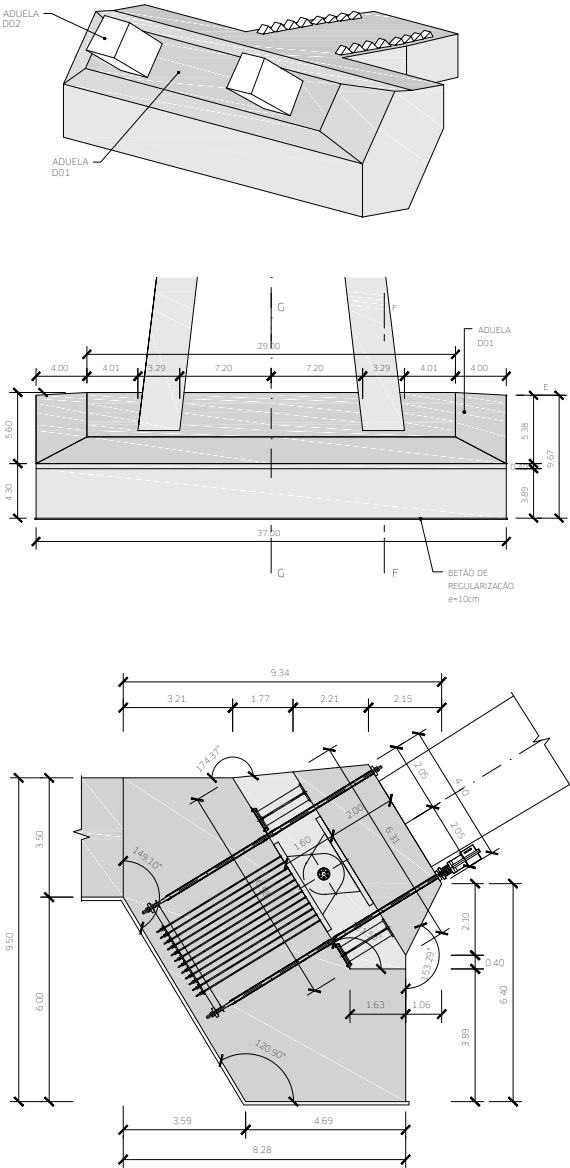


Fig. 26. Fundações das escoras

Pilares

Os pilares são os principais elementos verticais de suporte. Os pilares principais P4 e P5 têm uma altura de 57 m e 55 m respectivamente e têm uma ligação rígida com o tabuleiro formando uma estrutura integral sem aparelhos de apoio, o que permite um melhor comportamento contra o vento e o sismo, e permite utilizar esta característica durante a construção, fazendo a materialização do tabuleiro de forma simétrica por avanços sucessivos em consola. Por outro lado, a esbelteza destes elementos permite-lhes assumir os movimentos devido a variações térmicas, fluência e retração.

Os pilares têm uma secção retangular variável com dimensões exteriores que variam entre uma largura

superior mínima de 6,43 m e uma largura máxima inferior de 7,75 m, com espessura igualmente variando entre 2,95 m na face superior e um máximo de 3,54 m na base. Abaixo do tabuleiro a secção é dividida em duas partes com um espaço central que varia entre 1,10 m e 1,90 m para uma dimensão transversal máxima de cada um dos dois elementos de 2,90 m. [Fig. 28]

Esta solução traz flexibilidade ao pilar, proporciona mais transparência, melhorando a relação de escala com o seu ambiente urbano, e no caso do pilar P4 permite a inclusão de um elevador neste espaço para melhorar a ligação vertical à nova praça criada no espaço da estação de serviço existente e a sua conectividade com as ruas no nível superior.

O pilar P3 tem uma altura de cerca de 24 m, com

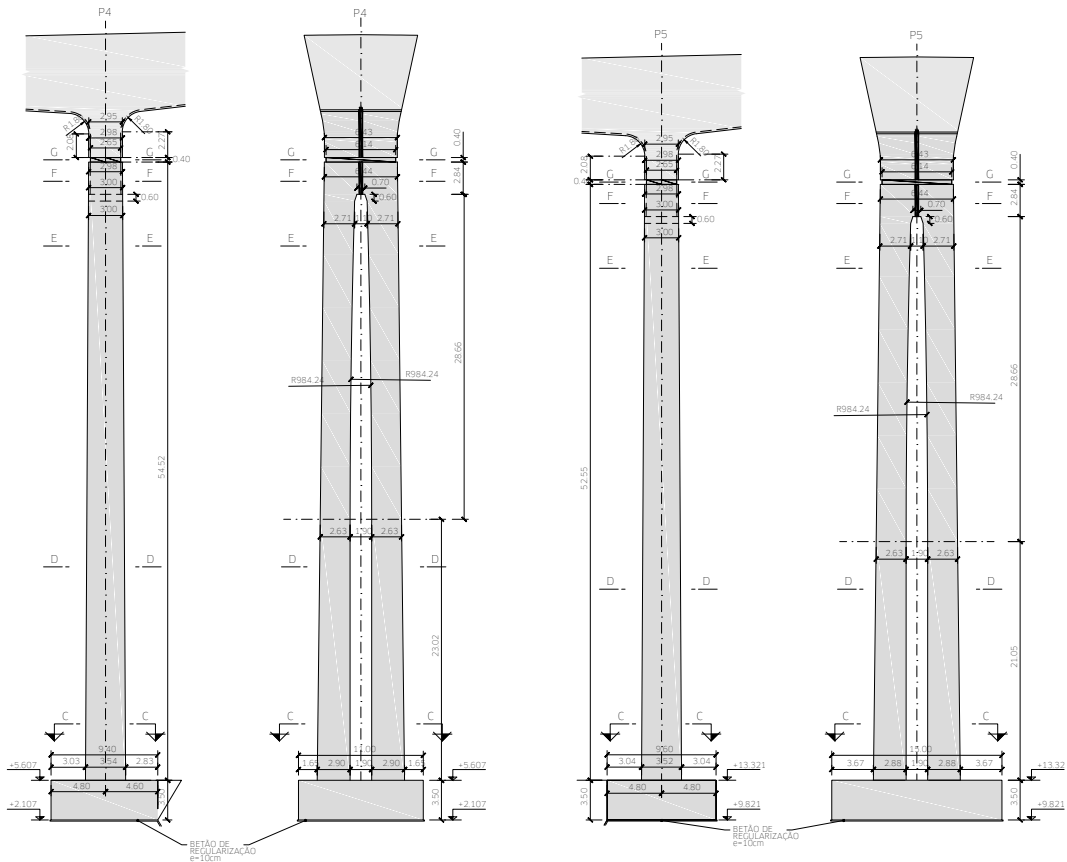


Fig. 27. Pilares P4 e P5

aparelhos de apoio na ligação ao tabuleiro. Neste caso, os aparelhos de apoio são necessários para permitir movimentos longitudinais devidos às ações térmicas, fluência e retração e também evitar a concentração de momentos em caso de sismo. O pilar assume uma configuração semelhante ao dos pilares principais com um espaço central de 1 m e dois elementos de 2,50x2,72 m para uma largura total de 6,44 m. Prevê-se que os pilares P3, P4, P5 e P6 sejam executados com cofragens trepantes em troços de 4,5 m.

Os pilares P1, P2 e P7 estão enquadados nos vãos de extremidade e têm menores alturas, possuindo uma secção quadrada maciça e aparelhos de apoio na sua ligação ao tabuleiro.

Escoras Inclinadas

O arco-pórtico é formado por duas escoras inclinadas e o troço central do tabuleiro. As escoras têm uma inclinação de aproximadamente 30° com a horizontal, com uma altura de cerca de 64 m e uma projecção horizontal de aproximadamente 105 m, para um comprimento total de cerca de 125 m. As escoras têm um perfil com espessura variável e uma face inferior ligeiramente curvada que tem continuidade através com a curvatura do tabuleiro. A espessura das escoras varia de 2,97 m na parte inferior até um máximo de 8,52 m. Na direcção transversal, as escoras abrem em forma de A, a partir duma secção superior com largura de 6,37 m. Ai são alargadas e divididas em dois elementos que em conjunto atingem

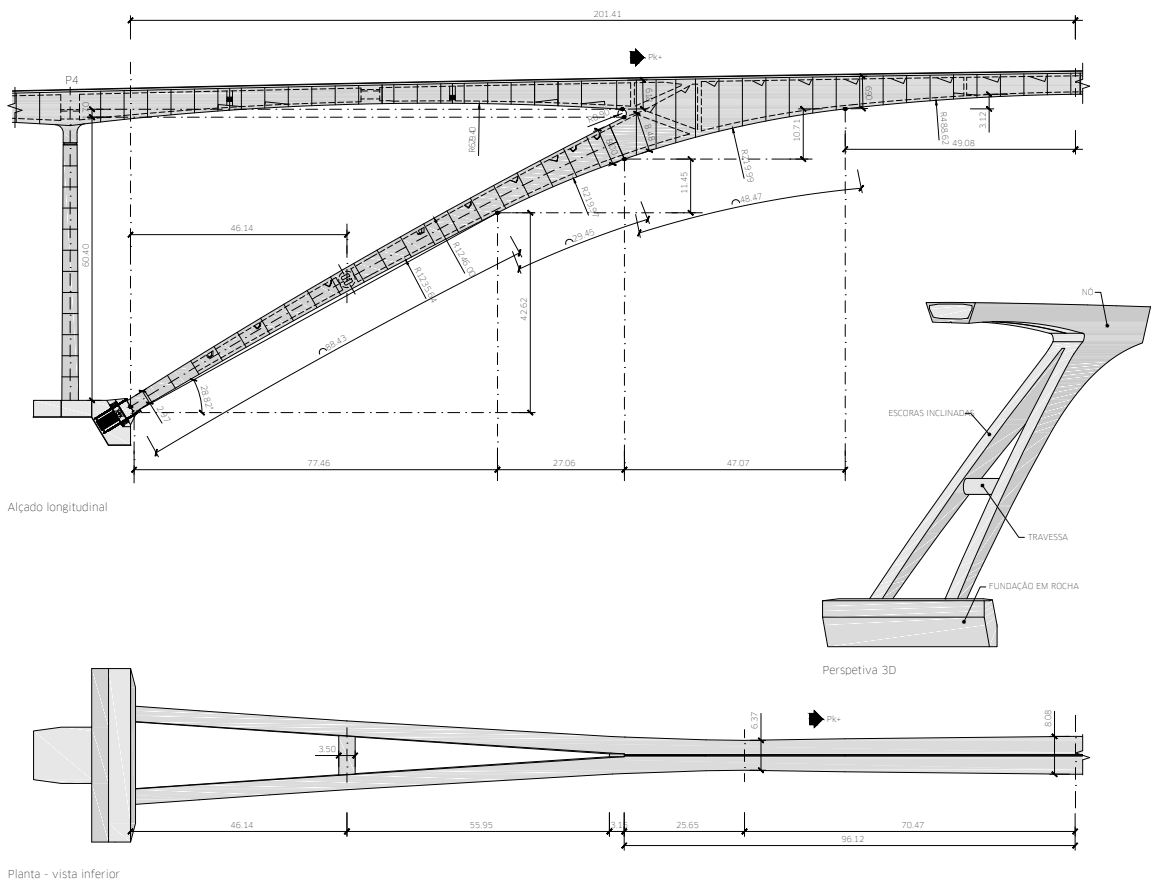


Fig. 28. Escoras inclinadas

uma largura na base de até cerca de 21 m, mas dividindo-se em dois elementos distintos que reduzem a sua largura de 3,60 m para 3,20 m.

A secção retangular das escoras é oca com espessura de parede variável, com valores entre 0,40 m e 0,70 m nas paredes verticais, e variáveis 0,70 m e 1,0 m nas horizontais, dependendo da posição.

O comportamento destes elementos na conceção estrutural é o de elementos fortemente comprimidos. A redução da sua secção para a base permite reduzir os momentos flectores na estrutura, formando quase uma articulação na base, enquanto a separação transversal proporciona a estabilidade necessária contra as cargas de vento e sismo. [Fig. 28]

Nestes elementos, o processo construtivo é fundamental para o seu comportamento final. O atirantamento temporário durante a construção não serve apenas como suporte durante a sua execução, mas também introduz uma pré-compressão nas escoras e no arco-pórtico equivalente aos esforços das cargas permanentes, o que impede que os momentos flectores apareçam nestes elementos por deformação elástica do betão sob as cargas permanentes, situação habitual em arcos cimbrados.

Encontros e obras complementares

Os encontros são estruturas de transição entre a ponte e a plataforma de via em aterro, possuindo também a função de contenção do solo no tardo. Por isso, os encontros são mais um suporte que inclui aparelhos de apoio e também elementos importantes como as juntas de dilatação estrutural a toda a largura e aparelhos de dilatação de via para o metro.

A montante da ponte, localiza-se um pequeno trecho de túnel que permite a ligação da linha Rubi à estação de Campo Alegre.

Processo construtivo

O principal processo construtivo, utilizado tanto para o tabuleiro como para as escoras inclinadas, é o avanço em consolas sucessivas com carros de avanço. No vão principal, para realizar este procedimento, é necessário suspender as escoras inclinadas e o tabuleiro através de atirantamento provisórios durante a construção. Para isso, são dispostos em ambas margens do rio pilares provisórios que servem de apoio durante o processo de construção. O atirantamento provisório é realizado a partir destes pilares e de uma torre metálica superior

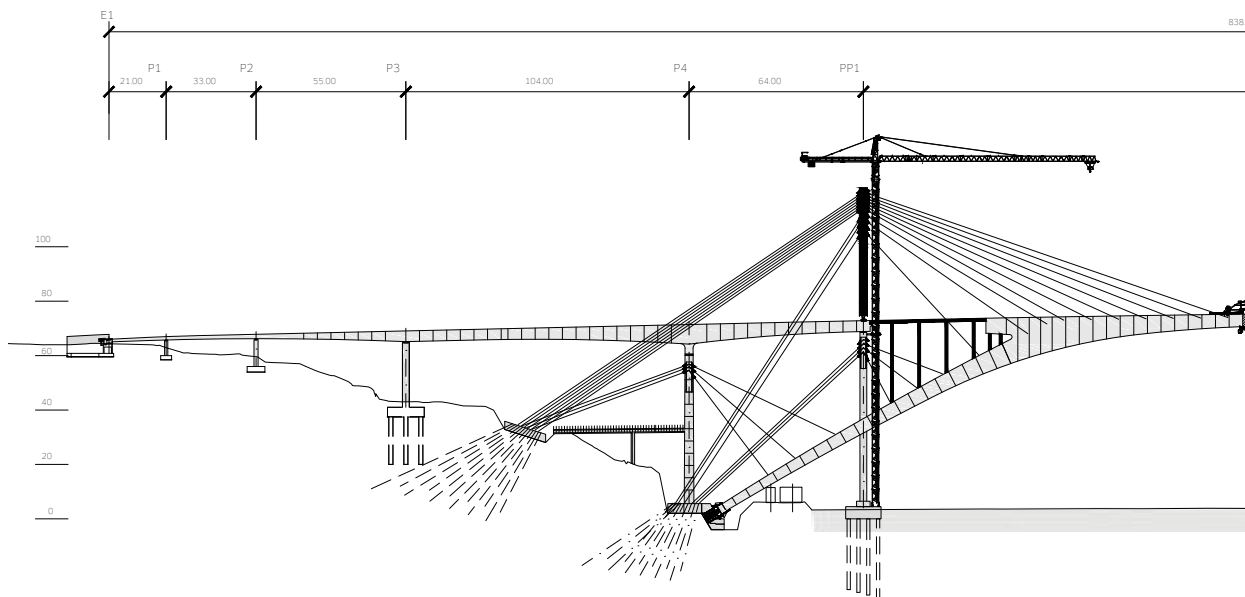


Fig. 29. Procedimento de construção

provisória, a qual inclui tirantes de suspensão dianteiros e tirantes de retenção traseiros, sendo estes últimos apoiados num maciço de ancoragem provisório para compensar as forças que o solicitam. O tabuleiro e as escoras inclinados são executados in situ em secções de aduelas de 5 m.

Este procedimento evita afetar o rio e as margens, e permite construir com o mínimo de pontos de apoio no terreno. [Fig. 29]

Nos vãos principais da zona central do tabuleiro é utilizado um betão leve com densidade de 18,5 kN/m³ e resistência de 45 MPa, o que permite reduzir o peso e os esforços atuantes na estrutura.

Os principais elementos auxiliares para a execução das obras são:

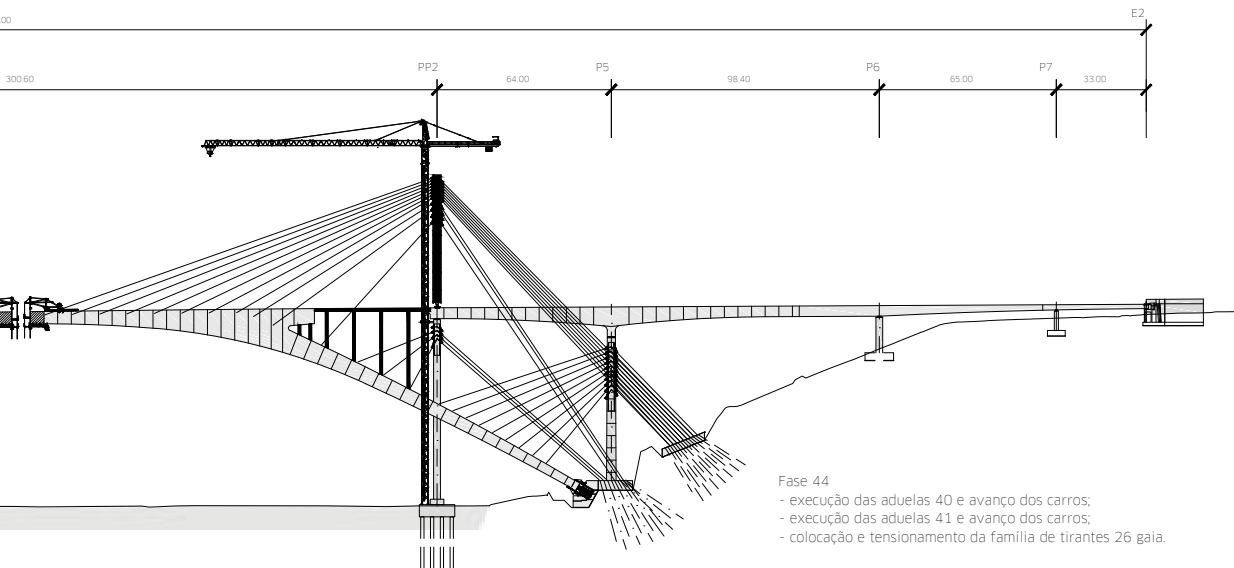
- Fundações provisórias por estacas e os seus maciços de encabeçamento onde serão apoiados os pilares provisórios;
- Pilares temporários de betão para o apoio dos das torres temporárias de atirantamento. Uma parte dos tirantes utilizados para a construção por avanço em consola do arco-pórtico serão ancorados nos pilares. Estes pilares têm uma altura de 64 e 68 m, largura de 6,5 m e espessura de 2,5 m. com secção oca e paredes com espessura de 0,7 m. Ligam-se horizontalmente

ao tabuleiro em fases intermédias para aumentar a sua estabilidade;

• Torres temporárias de atirantamento. São torres metálicas que servem para ancorar os tirantes de maior comprimento e altura. As torres têm uma altura de cerca de 49 m acima do tabuleiro;

• Os tirantes temporários, colocados em dois planos, ancorados a cada 10 m nas escoras inclinadas e no tabuleiro. São diferenciados em dois tipos, tirantes dianteiros e tirantes traseiros de retenção que servem para compensar as forças horizontais dos dianteiros;

• As ancoragens na rocha que estão dispostas nos pontos iniciais dos tirantes de retenção. Nestes pontos existem maciços de betão, em alguns casos coincidentes com as fundações dos pilares, que são fixos através de ancoragens na rocha tensionadas a uma força predefinida. As ancoragens são executadas e testadas primeiro e depois tensionadas por fases à medida que os tirantes temporários são instalados e as forças de suspensão nestes pontos entram em ação. No final do processo, uma vez concluído o arco-pórtico, realiza-se um processo de desativação progressiva dos tirantes e a sua remoção, que também termina com a desativação das ancoragens, a remoção das torres de atirantamento e a demolição dos pilares provisórios.



3. A integração urbana e paisagística

Zona de desembarque Polo Universitário, Porto

O polo n.º 3 da Universidade do Porto, definido em PDM como “Área de Equipamentos integrada na Estrutura Ecológica”, encaixa-se numa zona de transição entre a Área de Interesse Urbanístico e Arquitetónico e a zona do Campo Alegre, caracterizada pela ocupação de edifícios em altura de serviços e habitação multifamiliar, correspondente ao período de mais recente de consolidação da cidade. A sul do Polo Universitário, a via panorâmica faz fronteira com uma zona estrutura ecológica que se estende da ZEP (Zona Especial de Proteção) da ponte de Arrábida. O atravessamento e desembarque da ponte sobre esta área da cidade faz-se entre imóveis de interesse patrimonial inquestionável. De acordo com o PDM,

O tabuleiro da ponte atravessa uma área com uma densidade histórica classificada e de forte identidade social. Ao longo do seu traçado são inúmeras as calçadas, propriedades, moradias e exemplares de árvores classificadas.

A interferência com o tecido urbano, atinge o seu ponto mais sensível, sobre a curva da via panorâmica entre a antiga casa da escritora Agustina Bessa Luís e a Casa Rosa, da Faculdade de Arquitetura (Antiga moradia da Quinta da Póvoa). O traçado da ponte sobrepõe-se ao muro de delimitação da faculdade. Este é o momento de maior vulnerabilidade do traçado.

A solução assume o corte do antigo muro da Quinta da Póvoa (imposto em fase de concurso), reconstituindo-o a 9,10 m quase paralelo à fachada da casa. A fachada nascente da casa estará a uma distância de 20,20 m do

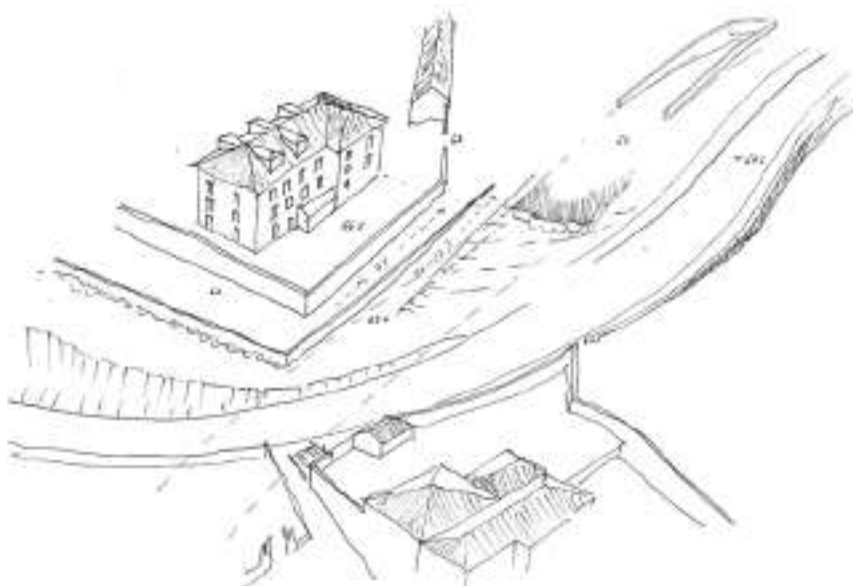


Fig. 30. Esquisso – Casa Rosa, Porto

bordo do tabuleiro da ponte. O muro estará a 10,70 m de acordo com o plano partilhado com o Arq. Álvaro Siza. Entre o alinhamento do muro reconstituído e o maciço do encontro, de projetaram-se dois passeios em rampa. [Fig. 30]

O encontro da ponte com o terreno está sensivelmente à cota 65,50 m, 0,50 m acima do terreno da entrada da FAUP, estando o tabuleiro no seu ponto de maior proximidade à casa à cota 67,43 m, abaixo do coroamento do muro. Este encontro à cota 65,50 m estabelece o ponto de convergência do tráfego da ponte, com a entrada do metro em túnel, com o passeio em rampa da Via Panorâmica (extremidade norte) e com a calçada orientada a sul paralela ao muro da faculdade.

A convergência de caminhos para este local levanta questões de acessibilidade total, visibilidade, segurança, escala, proporção e materialidade.

O traçado da ponte encerra-se na zona de encontro com a topografia sobre a estrutura de suporte de aterro do tabuleiro. O perfil da ponte, adelga o seu caixão até à expressão de 1,0 m de altura e apoia em curva sobre a estrutura do aterro. [Fig. 31]

A junta de dilatação entre os dois elementos (perfil de ponte; estrutura de apoio do tabuleiro) definem o momento de transição de estrutura do perfil e materiais de revestimento dos pavimentos. Os pavimentos à base de betão e granito brancos que caracterizam o

perfil da ponte, dão lugar aos revestimentos de granito Amarelo Mondim que caracterizam e que emergem do solo da cidade do Porto: maciços rochosos; muros; lambrins; cantarias, pavimentos e ruas (guias, lajetas; cubos e microcubos). Por razões de mobilidade, conforto e manutenção ficou estabelecido com os autores dos projetos complementares desta zona (Arq. Siza e Arq. Souto Moura) que o pavimento em microbetão,

Em coordenação com a proposta do Arq. Siza, o plano reserva um perímetro variável, com o mínimo de 1,1 m em terra vegetal em torno da estrutura do encontro, para que o término do tabuleiro da ponte se conclua suspenso sobre a massa vegetal. A proposta de revestimento estará verdadeiramente concluída quando a natureza fizer o seu trabalho. Os alçados em betão pintado do maciço do aterro serão tomados por arbustivas (como a *Cuphea Hyssopifolia* e a *Escallonia Macrantha*) e por trepadeiras (como o *Ficus Repens* aplicado em diversos pontos da intervenção) que será plantado no perímetro da base da estrutura. Espera-se que a trepadeira envolva a estrutura até ao coroamento dos muros executado numa peça de capeamento de granito de 0,06 m. A fina extremidade do alçado do tabuleiro da ponte assoma-se como balanceando sobre o jardim que surgirá diante da Faculdade de Arquitetura. [Fig. 32]

A implantação das estruturas da trincheira tem uma forma de U. É formada por dois muros de contenção

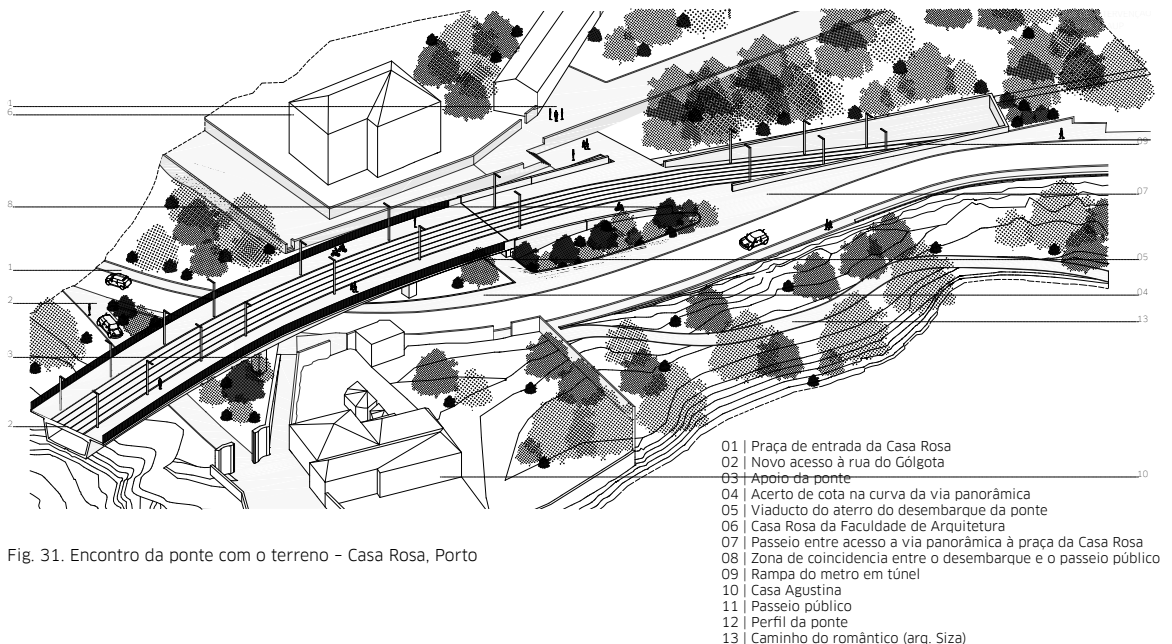
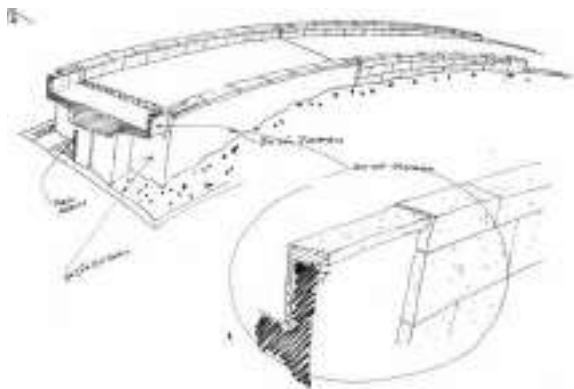


Fig. 31. Encontro da ponte com o terreno - Casa Rosa, Porto

laterais em rampa e uma laje de cobertura. Tal como o arranque do aterro do encontro da ponte, esta estrutura foi entendida como um afloramento do solo da cidade. Como tal é integralmente revestida com peças de granito serrado Amarelo Mondim de 0,06 m de espessura. Os muros são encimados por peças maciças de corte regular com 1,80x0,61x0,35 m. Os cantos e extremidades dos muros são rematados por peças maciças especiais a toda a altura da guarda que desenha o perímetro da abertura do túnel. Também aqui espera-se que a natureza envolva toda a estrutura e a dissimule parcialmente. [Fig. 33]



Zona de desembarque – Arrábida Shopping, Gaia

O encontro da ponte do lado de V. N. de Gaia, sobre a Via 8, em curva, frente ao Arrábida Shopping levanta problemas de índole técnica, de reconfiguração de cidade e integração ambiental. A zona de desembarque da ponte é uma zona de características interurbanas, marcada por uma complexa sequência de acessos de tráfego rodoviário.

A morfologia destes traçados possui características de via rápidas e autoestrada. É o confin da cidade dentro da cidade. Não há tráfego pedonal, não se veem pessoas, apenas automóveis. As faixas de rodagem dos diferentes sentidos de trânsito são limitadas entre barreiras. Não há passeios. Há valetas e grades nos perímetros que atravessam a área comercial e, a sul, a área florestal na encosta do rio. A integração da ponte nesta zona é problema de produção de cidade. [Fig. 34]

A introdução de um corredor de 15,40 m entre a rua Camilo Castelo Branco e a Via 8, implica um ajuste ao traçado das vias rodoviárias. A confluência de peões, bicicletas, trotinetes, skates e metro sobre a encosta exposta ao Douro define por si só o modelo do desenho urbano. Talvez não seja possível reconstituir os arquétipos de rua, praça e espaço verde sem a qual não é possível a criação de espaço urbano, mas pode adaptar-se estes modelos através da fusão de estruturas viárias e do espaço do cidadão. O modelo de planeamento

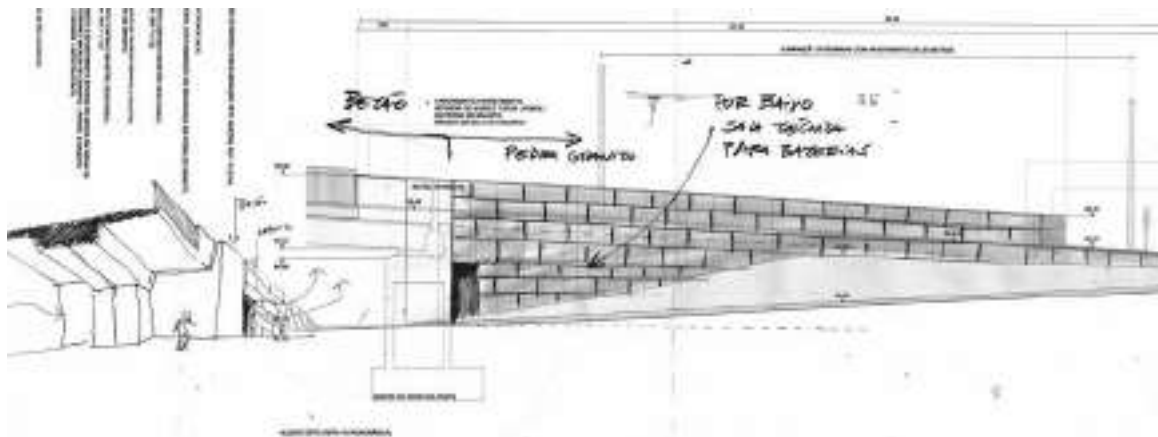


Fig. 32 e 33. Esquissos – estudos das estruturas do encontro da ponte, FAUP, Porto

de cidade periférica converte-se num modelo de eco cidade. A poluição visual dos dispositivos de segurança marginais às estradas é substituída pela lógica amigável, serena e despojada das separações de baixo perfil entre faixas, inspirado nas intervenções dos Eng. Duarte Pacheco e do Eng. João Alberto Barbosa Carmona na construção da primeira autoestrada em Portugal.

Tendo a coordenação com a equipa da Ayesa/Quadrante resultado no desenvolvimento de um amplo espaço de praça e de miradouro sobre a V8, com ligação pedonal e ciclável à encosta e à zona nascente da cidade, preconizamos a consequência destes passeios para poente e à base da encosta até ao Pilar 5. Por outro lado, prolongamos o passeio ciclável marginal da Via 8 que está desenhado a norte da nova rotunda para sul.

Este passeio pedonal e ciclável panorâmico liga-se à rua do Cavaco, onde também poderão desviar para a margem ribeirinha, ou continuar à cota alta da encosta paralela à Via 8 até ao aglomerado urbano situado no encontro das ruas de Mártir S. Sebastião e S. Pedro que se entende até à Afurada.

O traçado e perfil da ponte conclui-se numa estrutura de apoio sobre o maciço da nova estação. A dificuldade do ajuste de cotas entre a Via 8 e rua Camilo Castelo Branco não permite muitas variações ao desenho racional da estrutura da plataforma emergente da estação. Por isso, se a geometria resultante é necessariamente forte e impositiva, é papel da vegetação envolver, amaciar e camuflar a austeridade das superfícies. [Fig. 35, 36]

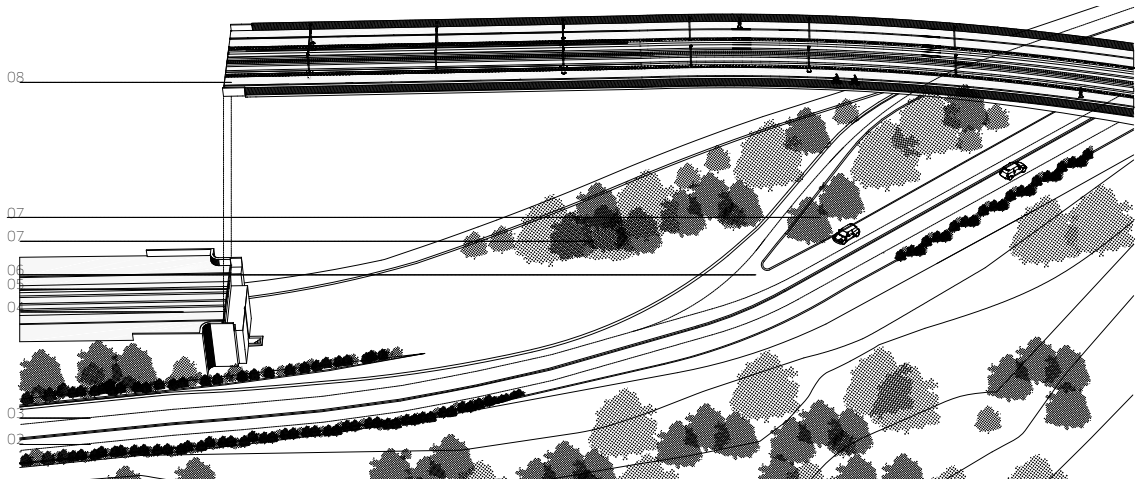
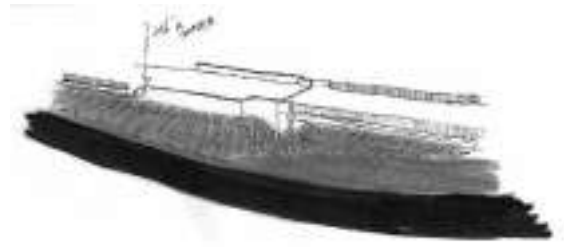


Fig. 34. Vista aérea da VL8, Arrábida shopping, V. N. Gaia

Fig. 35. Axonometria das estruturas do encontro da ponte, VL8, V. N. Gaia

Fig. 36. Esquisso - representação do encontro do lado de V. N. Gaia

Integração urbana dos apoios da ponte

Rua do Ouro – cais do Bicalho, Porto

Por rejeição dos muros marginais do Douro para localização de apoios estruturais da ponte, posto de abastecimento na rua do Ouro é o local correto para a sua implantação. A forma e dimensão do espaço (cerca de 60x30 m), seguido de um patamar elevado (com cerca de 20x10 m) entre o nível da marginal e a rua do Bicalho, apresenta-se como um vazio urbano indicado para acolher os principais apoios da ponte.

A valorização e dignificação das estruturas de apoio da ponte impõe a libertação de espaço, para gerar o vazio necessário à sua contemplação. Implantados os dois pés do arco, sensivelmente a meio do espaço à cota 6,65 m, estabeleceu-se uma praça ao nível do passeio público onde circula o elétrico. A base da praça tem uma área de 1590,00 m² e é dominada por empenas.

Começamos por desenhar um perímetro de segurança aos pés do arco, como medida de dissuasão de tentativas de escalada da estrutura. De modo a evitar a poluição do espaço visual, optámos por uma ideia de

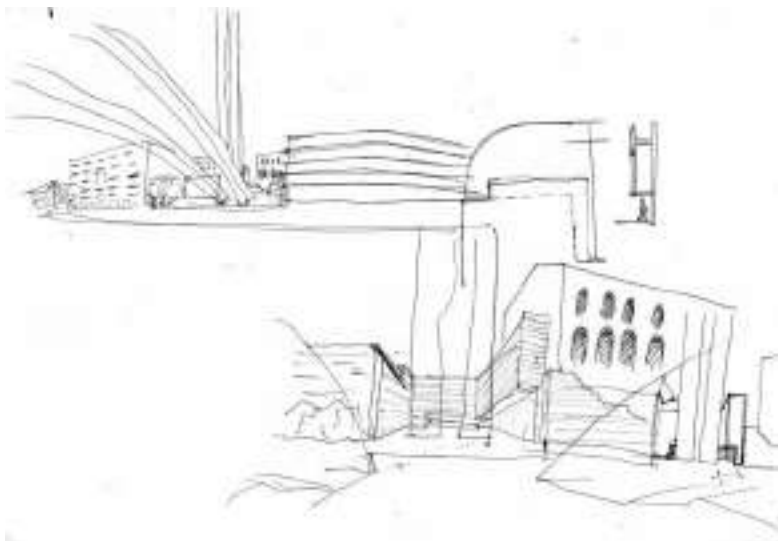
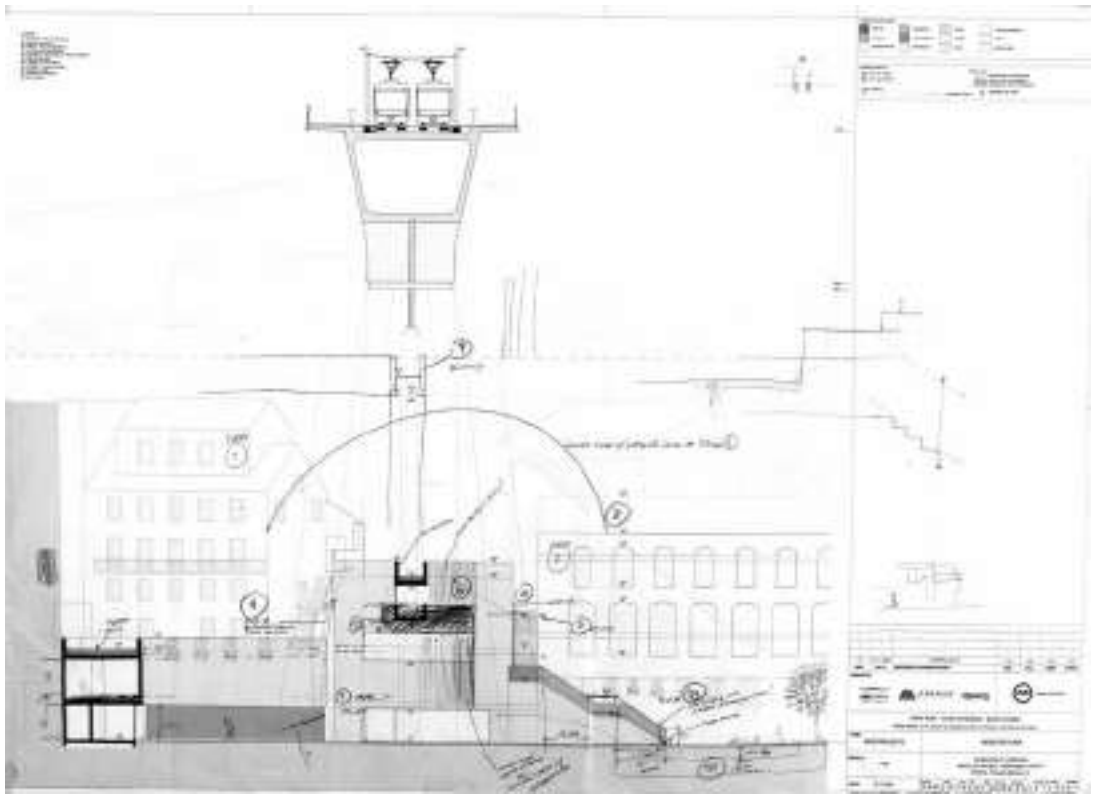


Fig. 37. Edifício frigorífico da Comissão Reguladora do Comércio do Bacalhau Arquivo - imagem do Arquivo Histórico

Fig. 38. Visualização tridimensional, Marginal Porto

Fig. 39. Esquisso - cais do Bicalho, Marginal Porto

Fig. 40. Esquisso - esquemas de organização, plataformas



fosso em torno das escoras que convidam à escada. Rasgámos um recipiente retangular no pavimento com a profundidade de 0,30 m. Tem 312,10 m² de área e o bordo a uma distância mínima de 3,0 m da estrutura da ponte. O fundo do espelho de água será revestido com peças de granito, preenchido com seixos de calibre 120/200 m.

Ligação à encosta

A regeneração deste recinto inscreve-se no programa de mobilidade com vista à melhoria das condições de acessibilidade aos mais desfavorecidos do ponto de vista físico e social. Começámos por promover a ligação entre a calçada da Boa Viagem e a marginal do rio através de escada. A nascente da praça, encostado ao alçado sul do edifício cor-de-rosa (Condomínio Fosmassimo),

instala-se dois lanços de escada. A escada contorna a esquina do condomínio e desenha mais 3 lanços até à rua do Bicalho (cota 19,00 m) que permite um acesso direto à calçada da Boa Viagem.

Em ação complementar à ligação em escada, introduziu-se um elevador público. O elevador implanta-se ao eixo da praça entre os fustes do pilar 4. A sua instalação prestará um serviço fundamental às populações do Bicalho (cota 19 m), da Boa Viagem (cota 32 m); Salgueiro Maia e Gólgota, reanimando os itinerários turísticos dos caminhos do romântico até ao Polo Universitário. Por razões de desimpedimento das panorâmicas de rio, localizou-se o acesso por trás do pilar (lado norte). O aparelho é encerrado por fachadas de vidro em ambas as frentes sem interrupções visuais.

Fig. 41. Esquismo

A passerelle calçada da Boa Viagem

Em consequência da localização isolada do ascensor e a transposição de cotas com uma altura de 26 m, foi necessário desenvolver uma ligação aérea até à encosta. A implantação da ligação aérea obedeceu a critérios de transponibilidade e não violação do espaço privado. A sua planta ajusta-se ao espaço público e inflete para evitar obstáculos, descrevendo um “S”. Tem um acesso ao nível da calçada da Boa Viagem. [Fig. 42]

A *passerelle* tem 50 m de desenvolvimento com uma pendente de 1% no sentido da encosta. É constituída

por uma viga e um pilar de apoio assimétrico relativamente ao seu desenvolvimento. Trata-se de uma estrutura em chapa de aço, definida por uma viga (caixão) de 1,25x1,90 m e por uma cortina de montantes aplicada contra a face do caixão constituída por tubos de secção retangular de 100x20 mm, ocultando parcialmente a expressão do caixão. [Fig. 43]

A reconstituição da calçada da Boa Viagem

Em consequência da instalação da *passerelle* é necessário repor os danos causados ao espaço público.

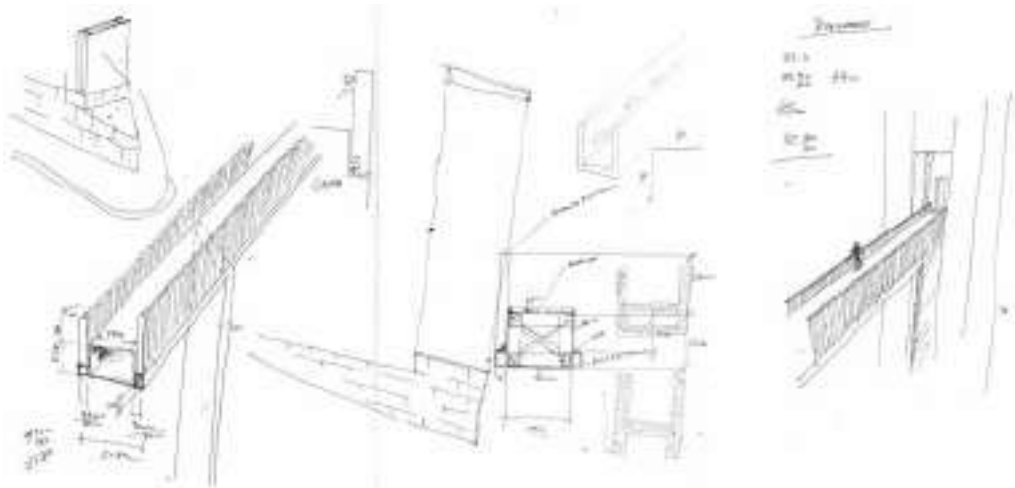
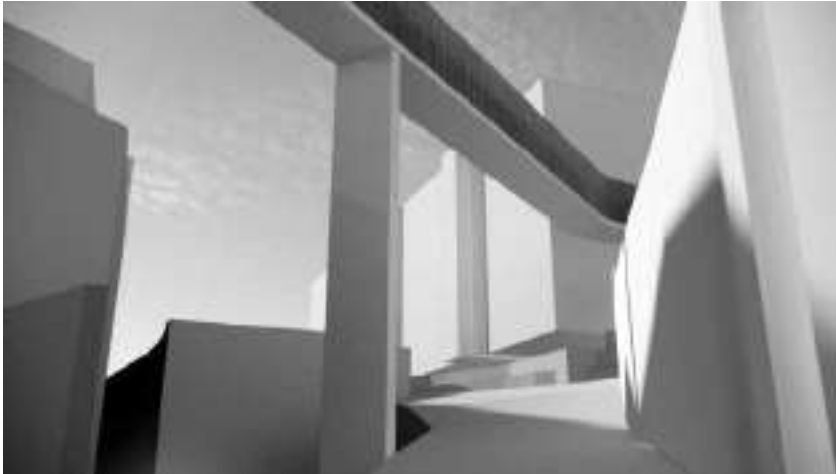


Fig. 42. Imagem tridimensional da passerelle

Fig. 43. Esquissos – estudos de conceção morfológica e estrutural da passerelle

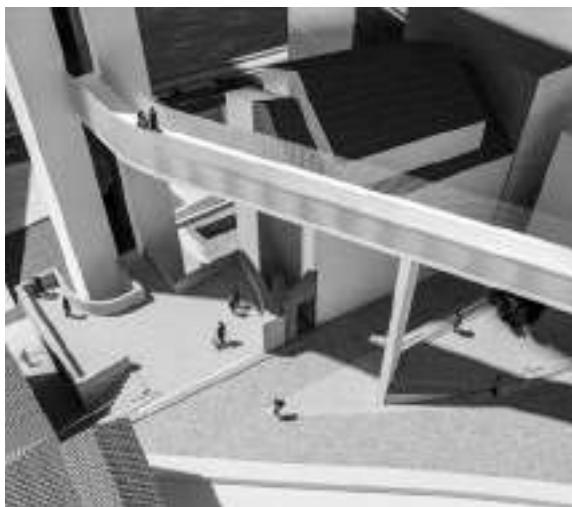


Fig. 44. Esqueto - planta alta, esquema de intervenção

Fig. 45. Visualização tridimensional do alargamento da rua do Bicalho e passagem aérea entre a rua da Boa Viagem e o elevador entre os prumos do pilar 4, marginal Porto

Fig. 46. Visualização tridimensional da praça, marginal Porto

A operação de reconstituição levanta questões que se prendem com a requalificação do espaço público, em grande parte bem tratado, mas onde se identificam algumas carências e obras complementares ao percurso:

1. Acesso da *passerelle* e perfil da calçada da Boa Viagem, à cota 32 m;
2. Muro de suporte terras, jardim e escadaria de acesso à calçada da Boa Viagem;
3. Terraço e base do pilar de apoio da *passerelle*.

Cais do Lugan, marginal - Gaia

Tal como na marginal do Porto, a hipótese de apoio sobre o muro de margem do rio foi rejeitada por trazer prejuízos à definição do passeio e às vistas tangenciais dos peões sobre a marginal ribeirinha. [Fig. 47]

A margem esquerda carece de ordenamento e requalificação da rede viária, consolidação da imagem urbana, de tratamento paisagístico, de colmatação e complementaridade da rede de acessibilidades, dotação de espaço público de qualidade e supressão das descontinuidades no território. A operação desencadeada pela Metro do Porto não se esgota na mobilidade, convoca o interesse do município para uma ação complementar de regeneração do território nas áreas abrangidas pela intervenção.

O espaço eleito para a instalação da estrutura principal de apoio da ponte na margem esquerda é o terreno vago localizado entre a Arrozeira, o condomínio do Cais



Fig. 47. Fotografia levantamento, marginal V. N. Gaia

do Cavaco e o Bairro do Cavaco. Trata-se de um terreno de forte pendente (varia entre os 50 e os 70%) marcado por socalcos amputados pelo muro de suporte do Bairro. A área de intervenção cobre uma área de (3833 m²) até à rua Particular Jorge Ferreira e entre esta e a V8 uma área de (2352,28 m²) correspondente à área da projeção do tabuleiro da ponte no solo, acrescida de uma margem de 10,0 m para cada um dos lados. [Fig. 48]

Propõe-se uma regeneração de pavimentos e de cobertos vegetais para criação de áreas de circulação e de permanência. O projeto materializa-se na forma de parque urbano, onde se desenvolvem um conjunto de plataformas e caminhos que permite a ligação entre a zona ribeirinha e à zona da estação do Arrábida Shopping. [Fig. 49]

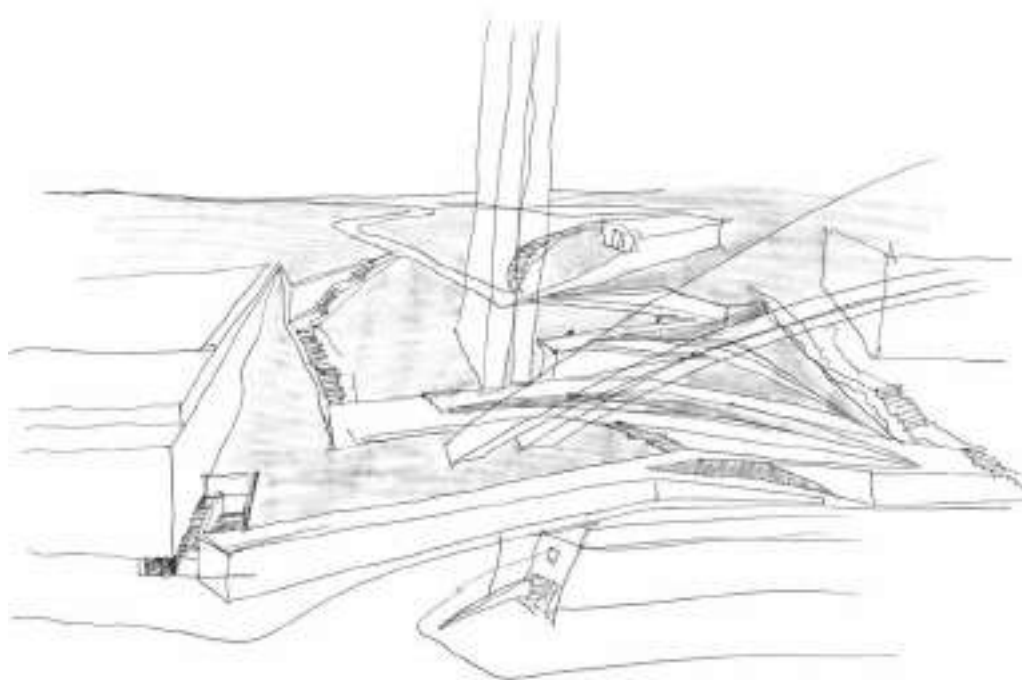


Fig. 48. Imagens tridimensionais, vista aérea, marginal Gaia

Fig. 49. Esquisso - estudo marginal Gaia

Coordenação geral de projeto

Guillermo Capellán Miguel; Filipe Manuel Vasques;
Miguel Sacristan Montesinos; José Carlos Oliveira

Projeto de engenharia

COORDENAÇÃO DO PROJETO DE ENGENHARIA

Miguel Sacristan Montesinos; Filipe Manuel Vasques

DIREÇÃO DE PROJETO DE ENGENHARIA

Emilio Merino Rasillo (estruturas); Javier Martínez Aparicio (estruturas); João Martins (estruturas e obras marítimas); André Costa (fundações e obras geotécnicas)

Projeto de Engenharia de Estruturas e Geotecnia

Para além dos técnicos de coordenação e direção, integraram a equipa de Projeto de Engenharia de Estruturas e Geotecnia; Javier Fernández Antón; María Emilia Gonçalves; Julio González Zalduondo; Luis Salvador; Ysabel Guil Celada; André Dias; Carlos Tomás Falagán; Nuno Lima; Nicolas Emaldi Algarate; André Correia; Luis Santos Sanchez; Renato Neves; Begoña Fernandez López; Andrea Río Navarro; Afonso Anjos; Carlos Ayape Alonso Estudos em Túnel de Vento: Guy Larose; Emanuele Mattiello; Francesca Moglia; Francesco Dorigatti; Mark Feero; Will Yakymyk; Veronique Walbreck

TRAÇADO FERROVIÁRIO

Miguel Lince Faria

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

João Cristóvão; Maria João Azevedo

DRENAGEM

João Figueiredo Mesquita; Margarida Alves

SERVIÇOS AFETADOS

Susana Sousa; Daniel Moreira

SEGURANÇA E SAÚDE

Rui Gomes; Ana Gramaça; Francisco Pereira

TÉCNICOS CAD/BIM

Carla Fernandes; Beatriz Casero Reillo; Lara Baleiro; Jesús Rodríguez Pérez; Paulo Barbosa; David Arcos Rodríguez; Diana Correia; Sara Pérez Veja; Joana Gonçalves; Juan Ruiz Escobedo; Suelen Lança; Gema Paula Torre; Ignacio Manca

MEDIÇÕES E ORÇAMENTAÇÃO

Jesús Posadas Carmona; Renato Neves; Isabel Ortiz Escudero

CONSULTORIA AMBIENTE

Rui Coelho

PROJETO DE Arquitetura

AUTOR

José Carlos Nunes de Oliveira

COORDENADORES DE PROJETO

André Oliveira; Gaia Ferraris

PROJETISTAS

António Mira; Eduardo Kenji; Florencia Ruiz; Hugo Araújo; Loredana de Falco; Manuel Lopez; Mário Vilela; Nuno Gonçalves; Sara Bitossi; Vânia Silva

OUTROS COLABORADORES

Atakan Ay; Daniela Amorim; Esra Esendeniz; Giulia Furlotti; Mariangela Roberto; Nicholas Holanda; Nill Duru; Nuno Silva

IMAGEM 3D

Alessandro Ghidini; Javier Hinojosa Paisagismo: Sidónio Pardal

MEDIÇÕES E ORÇAMENTO

Ana Fortuna

CONSULTORIA URBANISMO

Rui Azevedo

Atividades complementares

REPRESENTANTE DO CONSÓRCIO

Carlos Ferraz

ORGANIZAÇÃO, GESTÃO DOCUMENTAL E QUALIDADE

Ana Paula Proença; José Berrazueta Sánchez de Vega; Alexandre Azevedo; Alexandre Marto; Juliana Reis

CONSULTORIA JURÍDICA

Miguel Catela

VIDEO

Oscar Payno Madrazo (Render e produção); Maria do Rosário Domingos (Locução)

MAQUETISTA

Alvaro Negrello; Tiago Roxo

FOTOGRAFIA LEVANTAMENTO

Inês D'Orey; Bruno Antunes

