

# SBO

Setentas d'Obra - Ciclo de construção, do projeto à obra

#25, junho 2021

As pontes

Porto

António Adão da Fonseca

**Editor**

Cadernos d'Obra

**Diretor**

Bárbara Rangel

**Coordenação Editorial**

Bárbara Rangel

**Conceção Gráfica**

Teresa Seródio

**Textos**

António Adão da Fonseca

**Créditos Fotográficos**

Do autor

**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

Junho 2021

**Preço por número**

4,50 euros

**Publicação periódica**

n.º 25. Ano X, junho 2021

**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.

# As pontes





# Engenho e arte na construção da cidade

As pontes constroem-se para desempenhar uma função de utilidade para a sociedade. Ao elevarem-se no ar, inevitavelmente marcam o espaço e a paisagem. Uma ponte é sempre um ponto de referência e tem uma importância maior na qualidade da paisagem em que se insere. Esta qualidade, ou falta dela, é especialmente marcante no espaço urbanizado. Consequentemente, há uma obrigação social e civilizacional da sociedade, por via das autoridades públicas e por via dos projetistas das pontes, em que haja não só uma qualidade funcional mas também uma qualidade estética e paisagística em todas as pontes. Qualidades que são para todos, mas talvez especialmente para os que só usufruirão de qualidade construtiva no espaço urbano.

*À pergunta sobre qual será a imagem mais forte da área metropolitana do Porto, não se responderá que é o Rio Douro e as suas Pontes?*

Evidentemente, a função que uma ponte vai desempenhar constitui a condicionante maior quer da sua localização quer das suas características dimensionais. Por sua vez, função e local vão ser os fatores determinantes da concepção estrutural da ponte, entendendo-se por concepção a simultânea escolha do (dos) material (materiais) estrutural (estruturais), da tipologia estrutural e de um método construtivo viável.

A estética de uma grande ponte, pese embora a subjetividade de tal conceito, deveria ser sempre corolário da concepção estrutural, e nunca o contrário. Mas não o é garantidamente, embora se possa afirmar com alguma confiança que a concepção estrutural correta de uma ponte assegura que a ponte vai ser esteticamente bem-sucedida. A estética de uma ponte não deve ser o objectivo condutor da concepção estrutural, mas deverá sê-lo nas suas cores e na sua iluminação. Esta última,

quer seja meramente funcional quer seja também ornamental, que nunca seja um exercício de exibicionismo ou de vaidade.

## 1. Concepção estrutural

A função de uma ponte requer essencialmente uma plataforma, sempre que possível devendo-se integrar a plataforma na própria estrutura. A estrutura suporta as cargas de utilização e as ações da natureza, mas é da maior relevância a integração da ponte no ambiente urbano ou paisagístico em que se vai inserir, simultaneamente com outros valores e atributos, como sejam a transparência, o proporcionar vistas de grande qualidade, a relação de escala com outras construções próximas ou a orografia local, etc.

De qualquer modo, a concepção de uma ponte está fundamentalmente relacionada com a estrutura, tendo em conta os materiais estruturais disponíveis e os métodos construtivos possíveis. Essa concepção vai então manifestar-se na tipologia estrutural adotada.

Ao longo dos tempos, existiram poucos materiais



estruturais: fibras naturais, madeira, pedra, betão e metais, destes últimos utilizando-se quase em exclusivo os ferros e os aços. Mais recentemente, têm-se desenvolvido outros materiais, tais como fibras de vidro, de carbono e outras fibras, mas a sua utilização é apenas marginal e só em pequenas pontes.

Em termos de comportamento estrutural, o que distingue fundamentalmente os materiais é uns possuírem resistências fiáveis à tração e à compressão, outros possuírem resistência fiável apenas à tração, e outros possuírem resistência fiável apenas à compressão. É bem-sabido que as fibras naturais resistem apenas à tração, que a pedra, o betão e o ferro fundido quase não resistem à tração, mas resistem bem à compressão, e que a madeira, os outros ferros e os aços resistem quer à tração quer à compressão. No caso do betão, a incorporação de armaduras, quase sempre em aço, gera um novo material estrutural, o betão estrutural – armado e/ou pré-esforçado, que resiste também à tração. E também bem se sabe que os elementos estruturais sujeitos a esforços de compressão podem sofrer fenómenos de instabilidade que obrigam a limitar apropriadamente os valores admitidos para as resistências à compressão dos materiais constituintes, muito em função das características geométricas de cada peça estrutural.

Além das resistências, as ligações entre elementos estruturais são importantes condicionantes a ter presente na concepção estrutural, mas tal como as questões de durabilidade, manutenção e futura demolição, não são aqui abordadas.

Concentra-se então a discussão da concepção



estrutural nas capacidades de os materiais resistirem à tração e/ou à compressão, até porque são essas capacidades que mais determinam a tipologia estrutural das pontes.

Na apresentação que aqui se faz, as tipologias estruturais e os métodos construtivos das Pontes entre o Porto e Gaia, quer das construídas quer das projetadas, mas não construídas, são discutidos na sua relação com os materiais estruturais disponíveis e face às funções e locais de construção de cada uma das pontes.

O ferro, o aço e o betão armado ou pré-esforçado foram os únicos materiais estruturais utilizados nas 13 pontes apresentadas. As razões dessa utilização exclusiva são evidentes, pois os outros materiais estruturais ou não têm características estruturais para os vãos pretendidos e/ou não têm a durabilidade desejável.

## **2. As pontes entre Porto e Gaia**

Entre Porto e Gaia e sobre o rio Douro construíram-se já 7 pontes, tendo o autor deste texto sido responsável pelo projeto da última construída, a Ponte Infante Dom Henrique.

Os materiais estruturais utilizados foram/serão os seguintes:

- . ferro forjado em perfis – resistente à tração e à compressão
- . ferro de pudragem em perfis – resistente à tração e à compressão
- . ferro em fios – resistente à tração
- . aço em perfis – resistente à tração e à compressão
- . betão armado e/ou pré-esforçado – resistente à tração e à compressão

De uma forma muito concisa, descrevem-se a seguir as funções, os locais de implantação, os materiais estruturais, a tipologia estrutural, e o método construtivo utilizado ou equacionado para cada uma das pontes.

### **2.1. Pontes construídas**

## Ponte Pênsil (Ponte D. Maria II)

Data, extensão: 1841-1842, 170 m

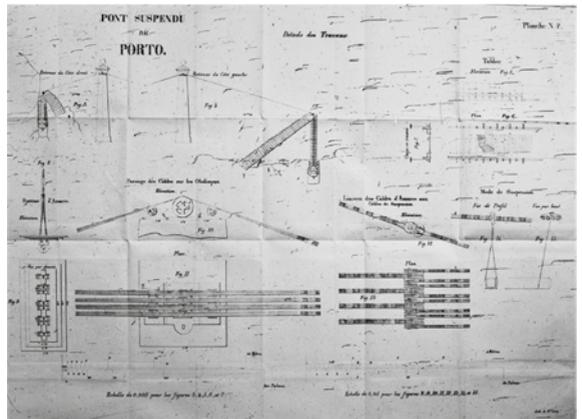
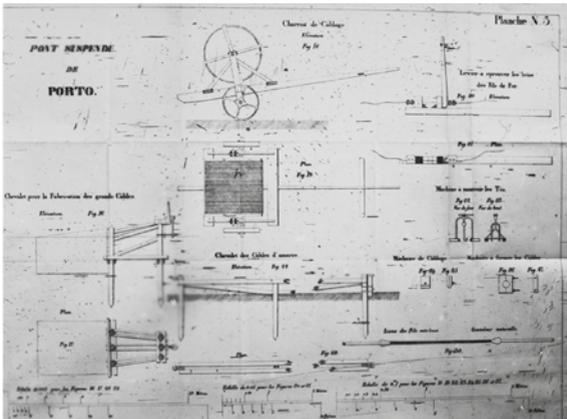
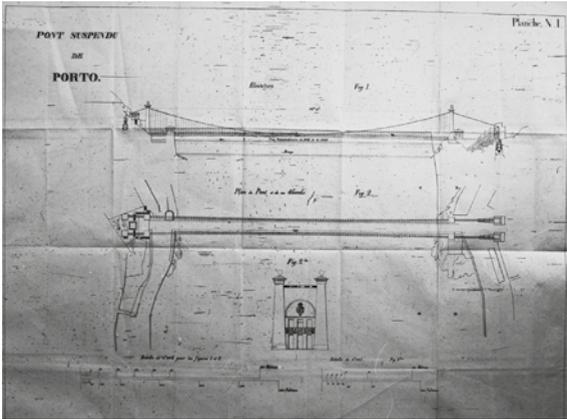
Função: passagem de pessoas e animais

Local: tabuleiro a cota baixa, ligando os dois burgos e entre dois pequenos promontórios rochosos que estabelecem a menor largura do rio entre Porto e Gaia

Material estrutural: cabo em fios de ferro e perfis em ferro forjado

Tipologia estrutural: tabuleiro suspenso

Método construtivo: colocação das catenárias e suspensão sucessiva e simétrica de segmentos do tabuleiro





## Ponte Maria Pia

Data, extensão, autor: 1875-1877, 61 m, Théophile Seyrig, Gustave Eiffel

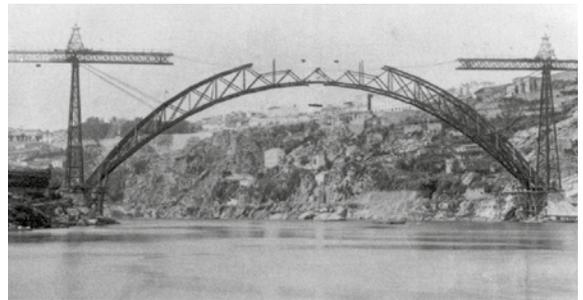
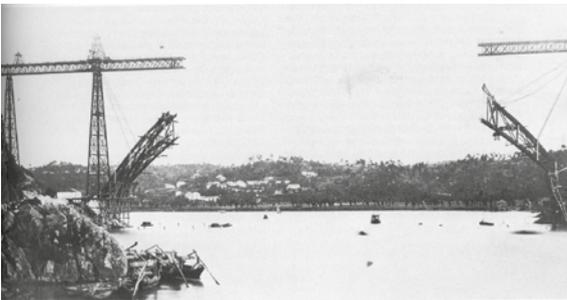
Função: passagem de comboios

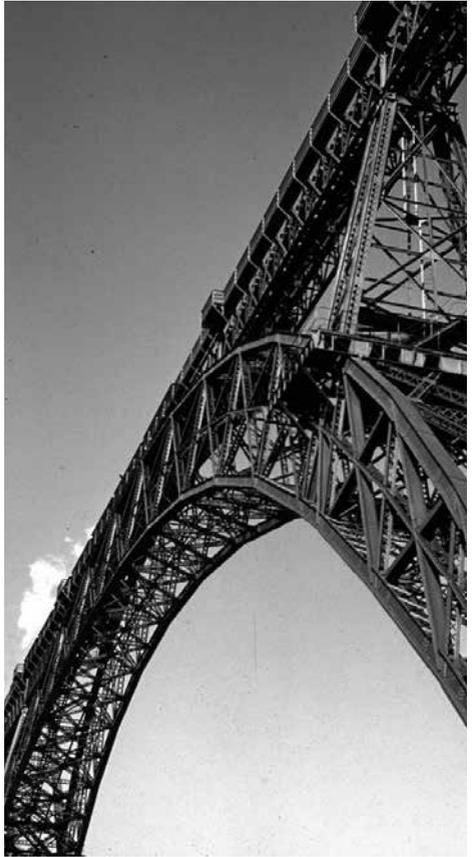
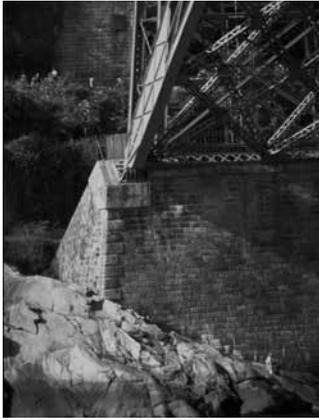
Local: tabuleiro a cota alta, com as nascenças do arco em dois pequenos promontórios rochosos que estabelecem a segunda menor largura do rio entre Porto e Gaia

Material estrutural: perfis em ferro de pudragem

Tipologia estrutural: arco em treliça e biarticulado nas nascenças e tabuleiro em treliça, sendo o arco de rigidez elevada e o tabuleiro moderadamente flexível

Método construtivo: avanços sucessivos com os meios-arcos atirantados a partir de ambas as margens, por colocação uma a uma das barras das treliças e com o arco avançando à frente do tabuleiro





## Ponte Luiz I

Data, extensão, autor: 1880-1886, 392 m. Théophile Seyrig

Função: passagem de pessoas, animais e veículos, mais tarde incluindo elétricos

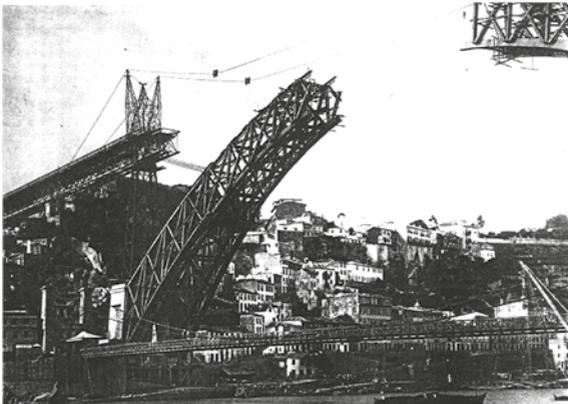
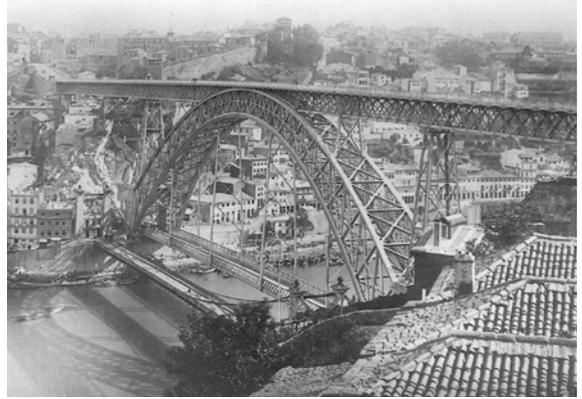
Local: tabuleiros a cotas baixa e alta, imediatamente ao lado da Ponte Pênsil, na terceira menor largura do rio

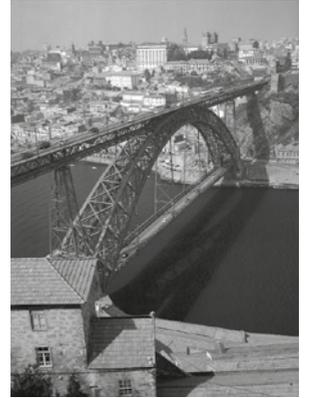
entre Porto e Gaia

Material estrutural: perfis em ferro de pudragem

Tipologia estrutural: arco biarticulado e tabuleiro em treliça, sendo o arco de rigidez elevada e o tabuleiro moderadamente flexível

Método construtivo: avanços sucessivos com os meios-arcos atirantados e a partir de ambas as margens por colocação uma a uma das barras das treliças e com o arco avançando à frente do tabuleiro



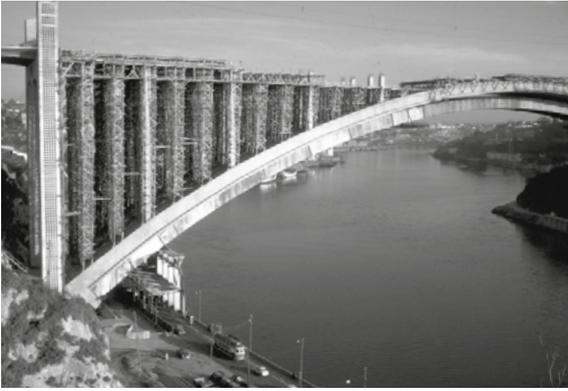


## Ponte da Arrábida

Data, extensão, autor: 1957-1963, 70 m, Edgar Cardoso  
Função: inicialmente passagem de veículos com duas vias em cada sentido, de pessoas e de bicicletas, mas mais tarde com 3 vias em cada sentido e sem pistas para bicicletas  
Local: tabuleiro a cota alta, entre arribas rochosas recebendo os impulsos do arco  
Material estrutural: betão armado  
Tipologia estrutural: dois arcos gémeos encastrados nas nascentes e ligados transversalmente por costelas em

cruz, e tabuleiro ortotrópico; os arcos são muito rígidos e o tabuleiro é moderadamente flexível  
Método construtivo: execução de um cimbre constituído por um arco provisório em caixão de aço com cada meio-arco construído por avanços sucessivos atirantados e a partir de ambas as margens; colocação do segmento de fecho por elevação a partir de barcaça no rio; betonagem de um dos arcos em betão sobre o cimbre; translação do cimbre para a posição do segundo arco; betonagem do segundo arco; construção do tabuleiro sobre os arcos em betão armado.



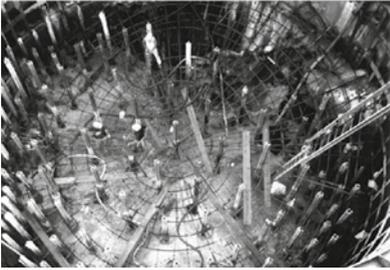


## Ponte São João

Data, extensão, autor: 1984–1991, 1140 m, Edgar Cardoso  
Função: passagem de comboios  
Local: tabuleiro a cota alta, muito próximo da Ponte Maria Pia, para inserir a linha férrea na estação ferroviária de Campanhã

Material estrutural: betão armado nos pilares e betão pré-esforçado no tabuleiro  
Tipologia estrutural: pórtico com tabuleiro em viga-caixão contínua  
Método construtivo: avanços sucessivos em consolas simétricas a partir dos dois pilares principais e cimbre móvel nos viadutos de aproximação





## Ponte do Freixo

Data, extensão, autor: 1993-1995, 705 m, António Reis e Daniel de Sousa

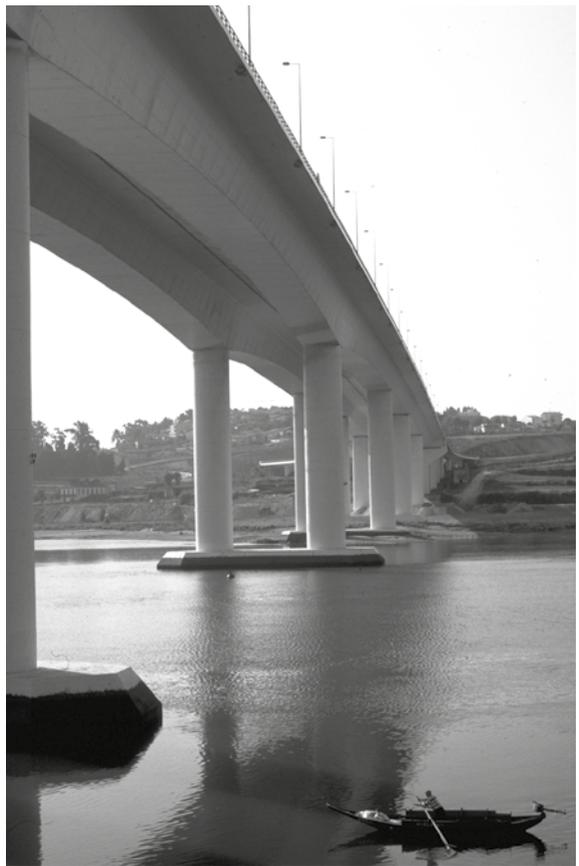
Função: passagem de veículos com quatro vias em cada sentido, com duas pontes gémeas, lado a lado

Local: tabuleiros à cota baixa, entre margens relativamente baixas e planas

Material estrutural: betão armado nos pilares e betão pré-esforçado no tabuleiro

Tipologia estrutural: tabuleiros em viga-caixão contínuas

Método construtivo: avanços sucessivos em consolas simétricas a partir de cada pilar





## Ponte Infante Dom Henrique

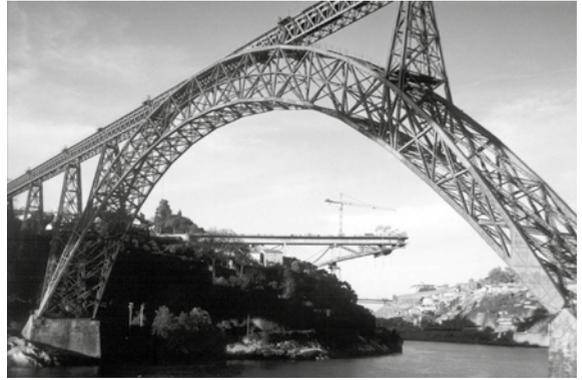
Data, extensão, autor: 2003, 371 m , Adão da Fonseca  
Função: passagem de veículos com 2 vias em cada sentido e de pessoas

Local: tabuleiro a cota alta, entre arribas rochosas recebendo os impulsos do arco

Material estrutural: betão armado de alta resistência no arco e betão pré-esforçado no tabuleiro

Tipologia estrutural: arco muito abatido, muito esbelto e muito flexível, encastrado nas nascentes e estabilizado por tabuleiro rígido em viga-caixão contínua

Método construtivo: avanços sucessivos simultâneos do arco e do tabuleiro a partir de ambas as margens, com instalação de tirantes e escoras provisórios de forma a constituírem, juntamente os meios-arcos e os meios-tabuleiros, duas macro-treliças, com os meios-tabuleiros avançando à frente dos meios-arcos, dado que o tabuleiro é o elemento estrutural estabilizador do arco





### 3. Epílogo

Entre o Porto e Gaia, sobre um rio nobre que nem com as barragens foi possível domar completamente, ergue-se um conjunto ímpar de Pontes cujos projeto e construção constituíram desafios imensos à arte e engenho de projetistas e construtores. É imensamente significativo que, das 7 pontes analisadas, as 5 indicadas a seguir foram (à época da sua construção), são ou serão (aos dias de hoje) recordes mundiais nos respetivos vãos, porventura apenas face aos materiais/tipologias estruturais e funções

- . Ponte Maria Pia, como ponte em arco ferroviária
- . Ponte Luis I, como ponte em arco com dois tabuleiros a cotas distintas
- . Ponte da Arrábida, como ponte em arco de betão armado
- . Ponte São João, como ponte pórtico ferroviária
- . Ponte Infante D. Henrique, como ponte de arco muito abatido e esbelto, estabilizado por tabuleiro rígido – ponte em arco tipo Maillar

Em todas as 7 pontes, a estética foi corolário da pureza e eficiência estrutural.





apoios



GALURBEM  
GESTÃO URBANA E TERRITÓRIO



ORDEN DOS ARQUITECTOS  
SECÇÃO REGIONAL DO NORTE



ORDEN  
DOS ENGENHEIROS  
REGIAO NORTE

