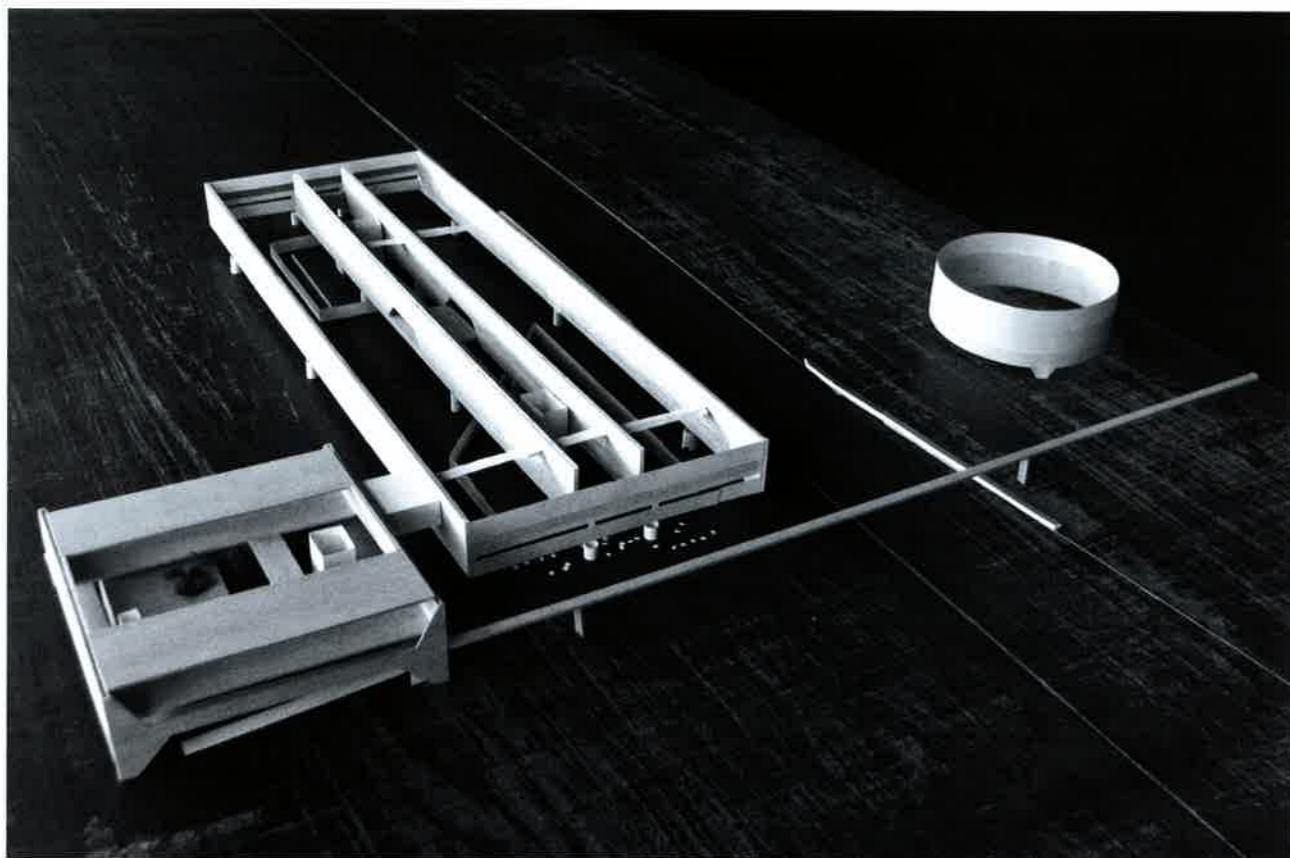


# a estrutura do Novo Museu dos Coches



Rui Furtado e Armando Vale  
AFACONSULT

## 1. Introdução

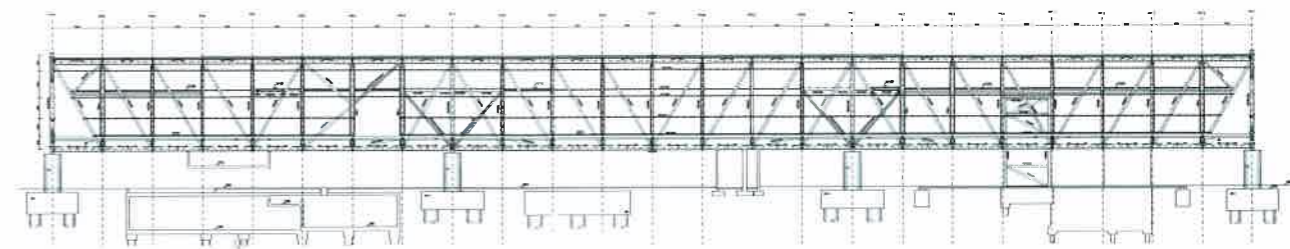
O Novo Museu dos Coches vem assegurar a preservação da Coleção de Coches de Portugal e a sua exibição a um público de cerca de 1.000.000 de visitantes por ano.

Logo desde início o arquiteto Paulo Mendes da Rocha, tinha ideias muito claras acerca do que se propunha fazer:

- 1 O espaço Museológico – elevado do chão, contendo no nível 0 as oficinas, uma cafetaria e a entrada no Museu;
- 2 O Anexo, ligado ao Museu através de uma Ponte, onde se localiza a direção do Museu, um restaurante, num nível elevado, e um auditório no térreo;
- 3 Uma passagem pedonal, ligando a Rua da Junqueira à Gare Marítima de Belém;
- 4 O estacionamento – um silo de rampa contínua – junto ao Tejo, rematando a Passagem Pedonal;

## Estrutura metálica do Pavilhão de Exposições

A solução arquitetónica para o pavilhão de exposições assemelha-se a uma “caixa” branca onde será guardado o “Tesouro”, maioritariamente barroco, por si só profuso em ornamentações.



Vindo o Arquiteto do Brasil – a terra do “concreto aparente” – era em betão que o Edifício tinha sido idealizado. No entanto, ponderando os vãos de 50 m, um prazo de construção muito curto, como o que então estava definido, os aterros onde o edifício iria ser fundado, as ações sísmicas a ter em conta e a necessidade de albergar sistemas de controlo ambiental complexos e exigentes, sugeriu-se a mudança para um sistema construtivo leve – estrutura metálica monolítica, “agarrada” no centro e deslizante nos apoios periféricos e paredes ligeiras, em painéis de gesso cartonado.

A caixa elevada representa um volume paralelepípedo com 126 m de comprimento, 48 m de largura e 12 m de altura, apoiado em 14 pilares circulares com 1,80 m de diâmetro e cerca de 4,5 m de altura. As grandes paredes

longitudinais da caixa albergam as quatro vigas principais, que tiram partido de toda a altura do edifício e asseguram a transmissão para as fundações de todas as cargas verticais aplicadas no edifício. Estas vigas, em conjunto com os elementos estruturais que suportam o primeiro piso elevado e a cobertura, estabelecem um sistema reticulado de planos resistentes, perpendiculares e interligados, que asseguram a estabilidade lateral dos elementos de cada um destes planos garantindo assim a transferência adequada das forças horizontais, devidas ao sismo ou ao vento, para os pilares e núcleo central em betão armado.

As vigas principais, nos dois alinhamentos longitudinais intermédios, encontram-se afastadas de 12 m entre si e apoiam em 4 pilares, formando 3 vãos consecutivos,





com 42 m cada. Por sua vez, as vigas dos alinhamentos das fachadas longitudinais, encontram-se afastadas de 18 m, das anteriores e apresentam três apoios, formando dois vãos intermédios com 42 m cada e dois vãos extremos em consola com 21 m cada. Nos dois topos destas vigas situam-se duas vigas trianguladas transversais, com a mesma altura, que fazem o fecho do volume do pavilhão. A necessidade de minimização da espessura das paredes traduz-se na utilização de montantes significativamente esbeltos o que levou a que se tirasse partido da contribuição das madres horizontais das fachadas, para a sua estabilização, ligando-as entre si através de chapas metálicas, o que possibilita uma redução significativa dos comprimentos de encurvadura e conduz a um acréscimo de eficiência no aproveitamento efetivo da secção desses montantes.

Os montantes das vigas principais asseguram ainda a transmissão das cargas transmitidas por elementos e pavimentos intermédios que a eles estão ligados, como é o caso dos perfis das vigas treliça do pavimento, das vigas metálicas dos pavimentos intermédios, ao nível do piso 2, das vigas treliça da cobertura e ainda dos perfis metálicos da estrutura da varanda exterior, que na fachada sul se pendura na viga estrutural desse alinhamento.

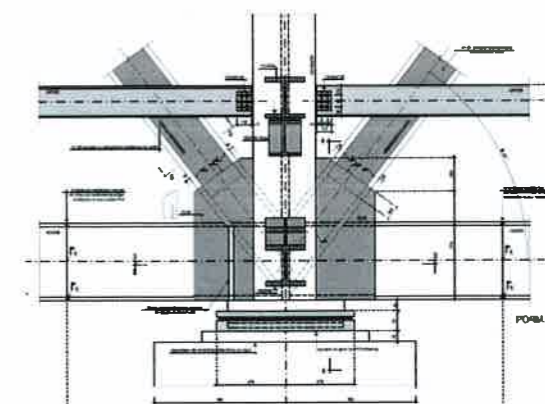
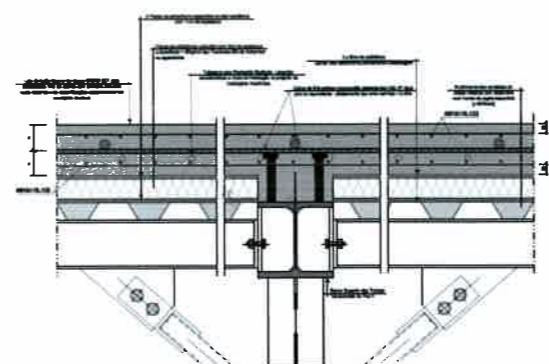
As ligações entre os nós principais das vigas principais são soldadas. Os elementos são preparados em fábrica e enviados para a obra isoladamente, sendo depois já no local da obra, soldados em mesas preparadas para o efeito, de modo a construir peças passíveis de serem elevadas ou pelos meios de elevação do estaleiro, ou por

gruas móveis de elevada capacidade, mobilizadas para as peças de maior dimensão. Finalmente, para a conclusão da estrutura, cada uma das peças é colocada na sua posição final, sendo então soldadas entre si. Em cada uma das fases de montagem, vão sendo instalados os elementos transversais necessários para assegurar a estabilidade do conjunto, em cada uma dessas fases.

#### Laje do piso 1 do Pavilhão de Exposições

A laje do piso 1, situa-se a cerca de 6.50 m do solo e é apoiada num sistema de vigas transversais trianguladas, afastadas de 5.25 m que recebem as madres de piso, em geral afastadas de 2.25 m. As vigas transversais apoiam-se nas 4 grandes vigas longitudinais, apresentando desta forma 3 vãos, um intermédio com 12 m e dois extremos com 18 m cada. Por sua vez, para as madres opta-se por um sistema otimizado de perfis IPE140, escorados em dois pontos intermédios, por diagonais, materializando assim 3 vãos com 1.45 m, 2.35 m e 1.45 m.

A laje do piso 1, propriamente dita, apresenta algumas características peculiares que são no fundo o resultado da importância que lhe foi atribuída para resolver um conjunto muito diversificado de situações. De facto, para além das funções estruturais, exige-se que a solução dê resposta às necessidades de isolamento térmico, estabeleça o acabamento final dos pavimentos do museu e permita o embebedimento das tubagens em que circula o líquido radiante que faz a climatização dos espaços. Uma das premissas fundamentais desde logo estabelecida,



foi a não consideração de juntas de dilatação ou de construção ao longo de toda a área das salas de exposição. A solução proposta consiste na execução de uma laje em betão com 16cm de espessura apoiada sobre um sistema composto por uma chapa perfilada e um sistema de isolamento térmico e dessolidarização.

Para a absorção das cargas horizontais ao nível do pavimento, é proposta a sua ligação ao núcleo central de escadas e ainda a sua ligação à estrutura metálica principal por intermédio de conetores, no terço central da laje, ao longo de uma extensão de 42m. A libertação da laje nos dois terços extremos resulta da necessidade de reduzir os esforços devidos à retração e às variações térmicas. Para a ação sísmica na direção transversal, os terços extremos da laje funcionam em consola, garantindo por efeito de diafragma, a transmissão das ações horizontais para os apoios fixos dos pilares intermédios e ainda para o núcleo em betão armado da escada E2.

Para limitação e controle da fissuração está prevista a aplicação de um pré-esforço longitudinal e transversal, dimensionado para assegurar uma compressão residual mínima de 1 MPa. O pré-esforço é aderente com monocórdões de "0.6" dispostos em bainhas metálicas centradas e afastadas de 0.40 m.

#### Comportamento dinâmico da laje do piso 1

Em termos dinâmicos, a laje do piso 1 do pavilhão de exposições caracteriza-se por ter as primeiras frequências próprias compreendidas entre os 3 e os 3.50Hz, portanto dentro das gamas críticas o que teoricamente torna a laje suscetível de poder vir a apresentar níveis de vibração desconfortáveis. Tendo isto em conta foram desenvolvidos vários estudos ao abrigo das mais recentes publicações sobre a matéria, tendo-se concluído que apesar de as frequências próprias se encontrarem dentro da gama crítica, as massas mobilizáveis apresentam valores muito significativos não sendo assim postas em causa as condições de conforto adequadas. Após a construção, constata-se que o desempenho vai ao encontro do previsto nos estudos teóricos, não sendo sequer perceptível qualquer tipo de vibração nesta laje.

#### Estrutura principal do Edifício Anexo

O Arquiteto pensou o Anexo como um edifício coberto, de certa forma esvaziado, em que os conceitos de interior e exterior se confundem pela diversidade de vistas e ambientes que gera. Uma estrutura principal porticada de betão pré-esforçado apoia duas caixas de aço e vidro onde se instalam a Diretoria e um Restaurante. O Auditório ocupa uma caixa autónoma de betão, ao nível térreo.

A estrutura principal é composta por um conjunto de 4 pórticos em betão armado, ortogonais entre si e com eixos dispostos segundo as arestas de um quadrado com 45m de lado, complementados por dois grandes núcleos de betão armado onde se instalam os acessos verticais por elevadores e escadas. Os pórticos norte e sul apresentam dois montantes cada, junto às suas extremidades, com uma espessura igual à de todo o pórtico, 0.80 m, e com dimensões no plano do pórtico variáveis entre os 2.00 m junto à fundação, até um máximo de 8m na zona de ligação à travessa intermédia, voltando a diminuir até um mínimo de 0.80 m junto ao topo. A travessa intermédia localiza-se a cerca de meia altura e com uma secção retangular de 0.80 m x 1.80 m faz a ligação entre os dois pilares de cada pórtico. Perpendicularmente a estes e com apoio nos mesmos montantes desenvolvem-se



**Arquitetura**  
PAULO MENDES DA ROCHA/MMBB/BAKGORDON

**Engenharia**  
AFACONSULT

**Coordenação**  
Rui Furtado  
Armando Vale

**Estruturas**  
Rui Furtado  
Armando Vale  
Filipe Arteiro  
Miguel Pereira



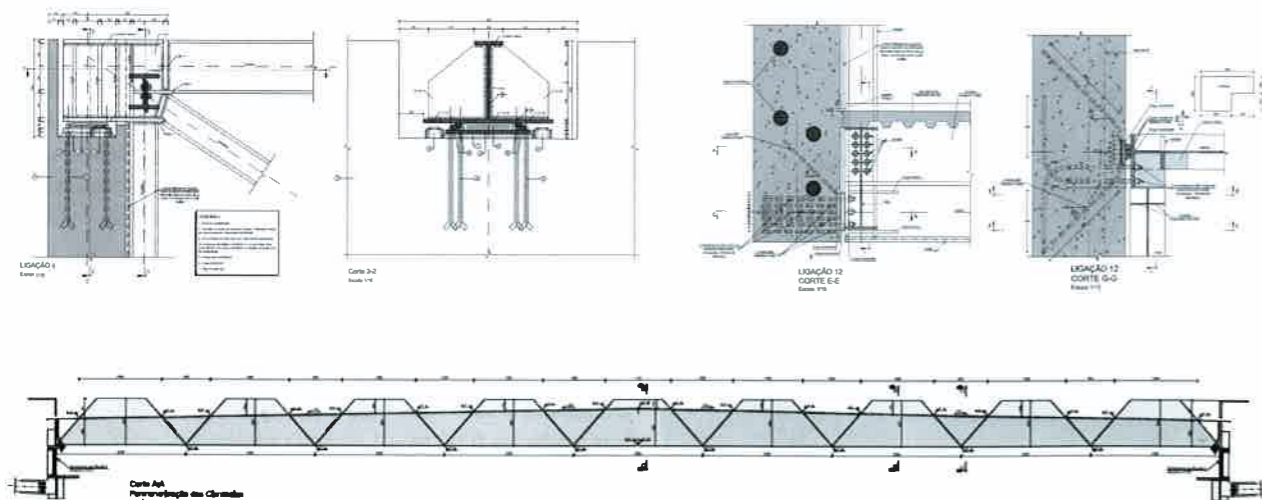
os pórticos norte e sul, constituídos por vigas em betão armado pré-esforçadas com 0.80 m de largura e 5.60 m de altura.

É por estes pórticos que são transmitidas a generalidade das cargas verticais do edifício para as fundações. Para além disso, a sua disposição periférica faz com que tenham um papel importante no controle dos movimentos de rotação do edifício.

### Estrutura metálica dos volumes suspensos

As áreas que recebem o restaurante e os serviços da administração, abrangem apenas um piso e respetiva cobertura e materializam um volume paralelepípedo suspenso com 45 m de comprimento, 11 m de largura

e cerca de 5 m de altura. Nas suas extremidades estes volumes apoiam nas vigas parede dos pórticos nascente e poente, vencendo um vão máximo de 45 m. A estrutura principal de cada um destes volumes é composta por duas grandes vigas metálicas trianguladas paralelas, com 5.50 m de altura e afastadas cerca de 11 m. A estrutura do pavimento apoia nestas vigas e é constituída por perfis reconstruídos soldados dispostos perpendicularmente às vigas principais e alinhados segundo a posição dos montantes destas vigas, que recebem as madres longitudinais em que apoia a laje mista do pavimento. A estrutura da cobertura é idêntica à do piso, embora os perfis que a constituam sejam naturalmente mais ligeiros, pois apenas recebe uma chapa metálica de revestimento. Estão ainda previstos travamentos horizontais que asseguram o travamento lateral das vigas principais. Cada um dos dois volumes suspensos, apoia nas duas



grandes vigas pré-esforçadas em apenas 4 apoios, situados ao nível da corda superior e materializados por aparelhos de apoio de neoprene com rigidez controlada. Por estes apoios é transmitida a totalidade das cargas verticais. As ações horizontais, devidas ao sismo atuam fundamentalmente ao nível do piso, considerando-se que na direção longitudinal são transmitidas em parte pelos aparelhos de apoio e em parte por um sistema de batentes previsto na corda inferior das vigas principais interiores.

Este sistema de batentes permite, por um lado, que por contacto o sismo seja transmitido diretamente para o pórtico norte ou para o pórtico sul, consoante a direção de atuação das ações e por outro lado, evita o encastramento das grandes vigas trianguladas nos pórticos de betão armado. Na direção transversal as forças horizontais atuantes ao nível do piso são transmitidas pelo mesmo sistema de batentes, bem como pela ligação direta prevista, em zonas estratégicas, entre as lajes de betão e os pórticos de betão armado.

### Claraboia do Edifício Anexo

Entre os volumes do restaurante e administração está prevista a execução de uma cobertura em que se incluem um conjunto de claraboias com aspeto visual muito interessante. Trata-se de conjuntos de vigas paralelas em forma de "V", com 1.20 m de largura máxima e cerca de 0.80 m de altura, executadas com painéis soldados de chapa de 6 mm. Entre estas vigas longitudinais existem outras chapas, dispostas ortogonalmente e que reproduzem vigas com o mesmo tipo de configuração em "V". Este sistema estrutural vence um vão máximo de 20 m.

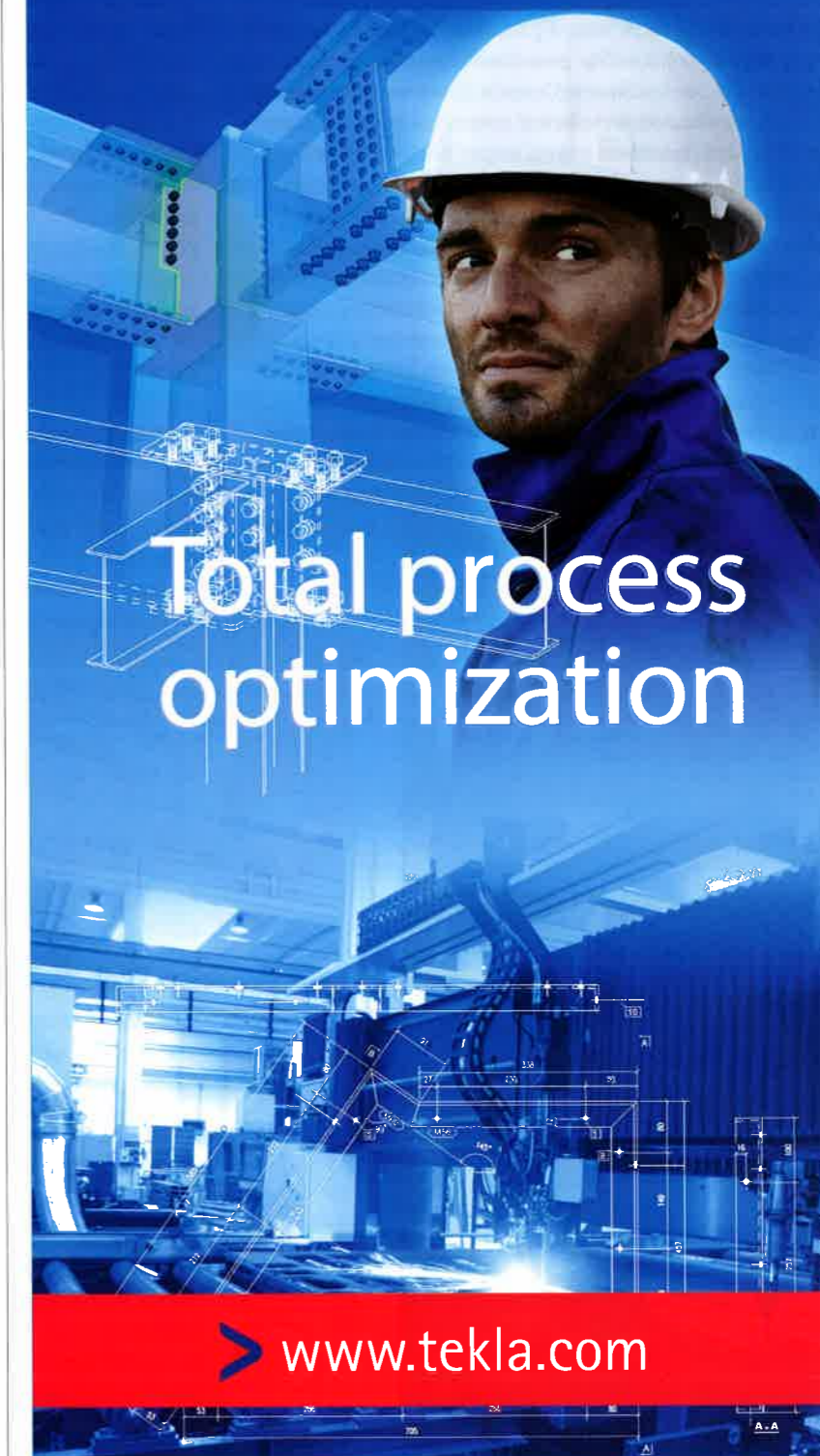
Em termos construtivos optou-se pela construção em fábrica das vigas longitudinais, sendo que após a sua instalação na posição final, são soldados entre cada uma das vigas os troços ortogonais previstos entre elas, materializando assim o reticulado que se pode ver na imagem. ■



TEKLA

construsoft

CONSTRUCTION INDUSTRIES SOFTWARE SUPPLIER®



Total process optimization

www.tekla.com