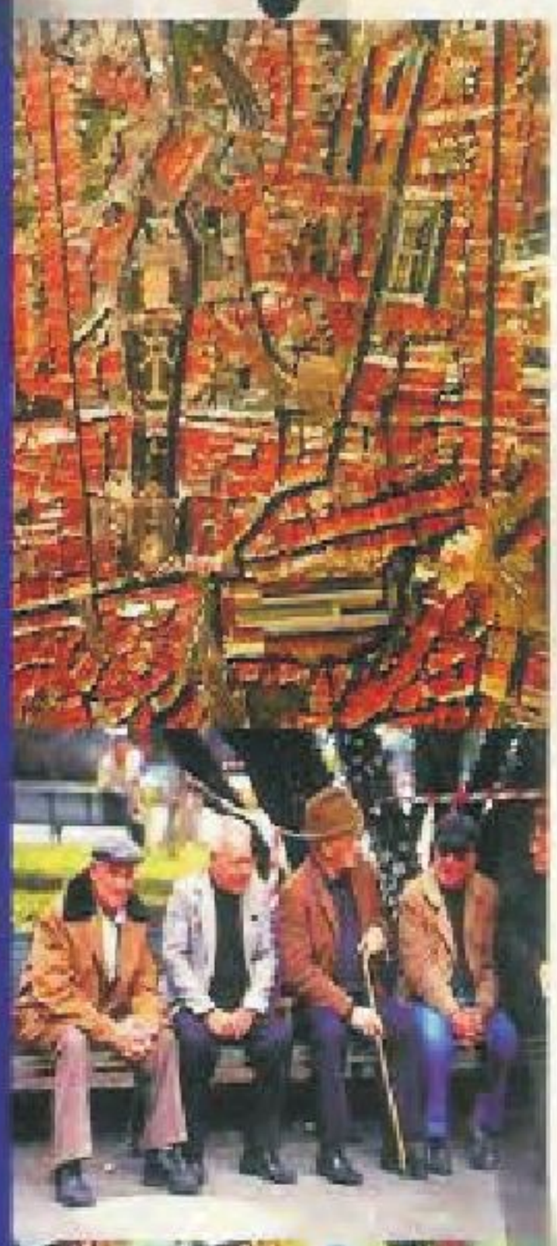
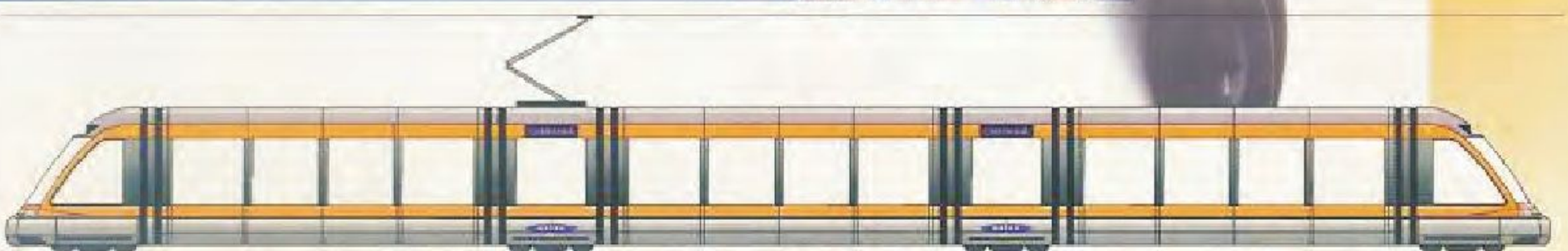
Nº XVIII
Agosto 99

METRO

do mito à concretização





Editorial

Esta edição é dedicada a um dos maiores projectos ferroviários iniciados ou desenvolvidos em Portugal no século XX.

A grandeza do **metropolitano ligeiro da A. M. do Porto** resulta de vários factores :

- Da dimensão global do seu investimento e do esforço financeiro público que exige ;
- Da complexidade e modernidade de concepção e de tecnologia das suas infraestruturas, equipamento e material circulante ;
- Do seu carácter de projecto e solução integrada e global ;
- De constituir, em conjugação com a modernização do sistema ferroviário suburbano do Porto, em curso há década e meia, uma revolução no sistema de transportes da região, capaz de gerar uma solução harmoniosa e estruturante, sem paralelo no País.

Este projecto tem ainda outras singularidades que o tornarão referência no futuro :

- Foi o resultado de um grande esforço de convergência e de compromisso entre Personalidades e Forças da região empenhadas em melhorar a qualidade de vida das suas populações ;
- Foi a consequência da determinação, da vontade de afirmação, da capacidade de realização dessas Entidades contra a visão centralista e napoleónica do Terreiro do Paço.

A ADFER orgulha-se de ter contribuído para o desencadeamento deste projecto. Numa sessão realizada no Porto, no início desta década, Ferreira do Amaral assumiu, pela primeira vez, o compromisso público de assegurar o apoio do Governo a este empreendimento.

Durante quatro anos tive o privilégio de participar com os Senhores Dr. Fernando Gomes e Prof. Vieira de Carvalho nas principais decisões sobre o Metro do Porto. Pude testemunhar a sua luta intrépida, clarividente e solidária no sentido de viabilizarem o projecto contra ventos e marés. Pude também verificar a perseverança e o empenho com que a estrutura técnica da Empresa, liderada pelo Senhor Prof. João Porto, se envolveu na concretização deste empreendimento.

Estou seguro de que a «Metro do Porto, SA» e a «Normetro» saberão vencer todas as dificuldades e tornar realidade este novo serviço às populações do Norte, nos prazos previstos.

Sendo a FER XXI especialmente destinada aos quadros e dirigentes do sector ferroviário português e aos empresários e políticos mais relacionados com este sector, faço, à posteriori - o que é sempre mais fácil - e a título pedagógico, dois comentários sobre o desenvolvimento do metropolitano para a A.M.do Porto :

Teria sido preferível encomendar um Anteprojecto, na fase inicial, conferindo-se maior rigor às sucessivas etapas e prevenindo contra algumas controvérsias nocivas ao empreendimento.

Tendo o desenho da rede, na sua configuração essencial, um desenvolvimento indiscutível, admito que fosse mais adequado manter as ligações suburbanas Póvoa-Boavista e Trofa-Boavista e abranger, logo na 1ª fase, não só Matosinhos, mas também Gondomar, a Maia através da linha Trindade-Hospital de São João e o Sul de Gaia captando o principal caudal de tráfego rodoviário que aflui à região.

Estas observações não retiram a grandiosidade e a extrema importância deste empreendimento, motor do desenvolvimento e da qualidade de vida na A. M. do Porto.

Arménio Matias

Notícia

Sessão da ADFER sobre o sistema Ferroviário Nacional e a Localização do Novo Aeroporto

Teve lugar, no passado dia 7 de Julho, em Lisboa, uma nova sessão da ADFER que debateu um tema de grande actualidade.

Foram oradores o Senhor Ministro do equipamento, Planeamento e Administração do Território, Engº. João Cravinho que presidiu e os senhores Dr. Alvaro Neves da Silva, Presidente do INTF, Engº. João Maria Oliveira Martins, Presidente da Comissão de Acompanhamento e Engº. Francisco José Cardoso dos Reis em representação da ADFER.

A abertura da Sessão esteve a cargo do presidente da Direcção da Associação, Senhor Dr. Manuel Moura.

Esta iniciativa suscitou grande afluência de quadros e dirigentes do sector e de muitas outras personalidades interessadas no tema abordado.

Do Mito à Concretização

DR. FERNANDO GOMES
Presidente do Conselho
de Administração
do Metro do Porto, S.A.

Neste final de século, o Metro do Porto será o grande investimento feito na Área Metropolitana e representa o esforço de concertação entre os municípios, o Governo e a União Europeia.

Os municípios souberam olhar para o interesse colectivo e geral, mas foi necessário gerir posições muitas vezes discordantes e há que dizê-lo, nem sempre essa concertação foi fácil. Porém, há que reconhecê-lo, durante o tempo das negociações, todos souberam pôr o interesse geral acima do interesse particular de cada um.

Com o Governo, não foi também um processo fácil, embora tenhamos que reconhecer que aquilo que por vezes foi entendido como menos disponibilidade para acelerar o processo, acabou por ser uma forma de clarificar, introduzir certezas e melhorias consideráveis no projecto.

Chegados ao fim de um longo processo de negociação, com questões técnicas e financeiras de múltipla incidência, há que reconhecer que só a certeza jurídica com que toda a preparação foi feita e a qualidade técnica do projecto, permitiram que nenhuma das questões levantadas pelos consórcios perdedores junto da União Europeia viesse a impedir o avanço do processo.

Este é o primeiro grande projecto da responsabilidade do Governo que é levado a cabo pelos municípios, tendo sido integralmente traçado com base na estrutura da Área Metropolitana. Foi, por isso, um grande passo dado para o desempenho de tarefas que até aqui cabiam exclusivamente à Administração Central.

Historiando um pouco do que foi esta longa marcha, pode dizer-se que o processo tem um aparecimento público formal em Maio de 1990, sendo certo que a ideia inicial era apenas ligar Vila Nova de Gaia ao Porto - Trindade, de onde o Metro seguiria até à Boavista, para chegar a Matosinhos pela Av. da Boavista e Marginal.

Esta ideia viria a deixar de ser apenas uma ideia para ter algo de concreto numa reunião com o Ministro das Obras Públicas , na qual ficou decidido que a CP cederia o troço entre a Trindade e a Boavista, onde passariam a ter o seu termo os comboios oriundos de Norte (da Maia , da Póvoa de Varzim e de Vila do Conde).

Foi o primeiro desenho do projecto que viria a ser muito mais tarde modificado e a ter um traçado bem diferente e bem mais ambicioso.

O processo arrancou formalmente em Dezembro de 1991, com a adjudicação do estudo prévio à Ensitrans,

pelas Câmaras Municipais do Porto, Gaia e Matosinhos.

Foi já em Julho de 1992 que os 9 municípios da Área Metropolitana do Porto chegaram a acordo sobre o projecto, com base na proposta inicial então alterada para o traçado actual.

O processo conheceu um avanço significativo a 22 de Outubro de 1992, quando o Conselho de Ministros criou a empresa Metro do Porto, S.A., constituída pela Área Metropolitana do Porto, com 80% do capital, a CP, com 15%, e o Metro de Lisboa, com 5%.

O concurso público internacional de pré-qualificação para o projecto, construção, equipamento e operação do sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto foi, então, lançado em Dezembro de 1994.

Na altura foi garantido o financiamento do Estado, tendo o Governo assumido publicamente o compromisso de apenas financiar o arranque do projecto na primeira linha, que seria considerada a 1ª fase - a Ligação Porto - Vila Nova de Gaia. Ficava no ar a dúvida quanto aos meios para o financiamento total do empreendimento.

O compromisso para o financiamento integral só foi assumido em 1995, quando o Eng. António Guterres, na sua primeira deslocação como Primeiro Ministro, disse no Porto que o Governo iria financiar integralmente o Metro, que considerou o projecto de maior impacto social a levar a cabo pelo seu Governo.

Chegado a este ponto, há que reconhecer que o processo foi muito mais lento do que se desejaria, mas há também que ter em conta que não há nenhum exemplo na União Europeia de um empreendimento desta importância que se tenha organizado e levado por diante em menos tempo, desde a sua génese até à sua concretização. O que se perdeu em tempo, ganhou-se em certeza jurídica e em rigor técnico, como se provou com o arquivamento em Bruxelas das contestações apresentadas pelos consórcios que perderam o concurso.

Mais do que um sistema de transportes, o Metro do Porto é o grande projecto estruturante da Área Metropolitana, resultado de um esforço conjunto entre todos os responsáveis políticos e todos os autarcas e que vai contribuir decisivamente para o desenvolvimento deste importante núcleo urbano e, por isso, do país.

Este, não é um projecto de alguém em particular mas sim de todos aqueles que se envolveram nele. O papel dos políticos parece ter chegado ao fim. Chegou o tempo das rectroescavadoras e das toneladoras; é tempo de os políticos saírem de cena.

Um Projecto Mobilizador para a Área Metropolitana do Porto

PROF. VIEIRA DE CARVALHO
Presidente da Junta da Área Metropolitana do Porto

A história deste projecto começou a escrever-se há cerca de dez anos.

Foram dez anos de negociações intensas e de entendimentos difíceis. Dez anos em que, sobre avanços, recuos e paragens, sempre testemunhamos a nossa crença na viabilização deste projecto e na nossa capacidade para o pôr de pé.

Por isso aqui chegámos.

O percurso poderia ter sido mais veloz, muito embora o tempo decorrido seja um período médio, e um período aceitável, para a gestação de um projecto desta natureza e desta magnitude.

E acredito que os possíveis atrasos que marcaram o nascimento desta importante iniciativa, possam ser recuperados e possam sobretudo significar um enorme avanço na mobilidade e na qualidade de vida de milhão e meio de pessoas, que vivem, que trabalham ou que se preparam para a vida na área Metropolitana do Porto (AMP).

É justamente para essas pessoas que este projecto foi pensado e conduzido a um ponto irreversível. Tudo com o entusiasmo e o empenho da Junta Metropolitana do Porto.

Este projecto, verdadeiramente histórico para a AMP, demonstra a capacidade realizadora de uma Região. Pela impressionante dimensão financeira da obra, pelo seu imediato impacto estruturante e sobretudo pelo que ela contém de qualidade, de mobilidade e de inovação.

Mas este empreendimento simboliza, também, uma nova atitude do Norte e da AMP.

A concretização dos objectivos traçados pelo Metro do Porto deverá implicar a extensão do sistema ao Aeroporto de Pedras Rubras, a partir da Linha Senhora da Hora - Póvoa de Varzim, e à Exponor, à custa do prolongamento da Linha Campanhã - Matosinhos.

Além destas extensões torna-se ainda necessário, na concretização desses mesmos objectivos, o lançamento do concurso para a construção da Linha de Gondomar e para a subsequente construção do prolongamento até à Maia da Linha que, por agora, vai terminar no Hospital de S. João; e de uma nova Linha de apoio a Vila Nova de Gaia.

Existem garantias do Governo para se lançarem de imediato os estudos necessários à implementação das duas extensões referidas e para o lançamento de uma nova empreitada que vai permitir ao sistema chegar ao centro de Gondomar.

Mas as duas outras extensões - a extensão à Maia da Linha que finda, por ora, no Hospital de S. João, e a consideração de uma nova Linha de apoio a Vila Nova de Gaia - podem igualmente ser, desde já, objecto dos estudos conducentes à respectiva concretização.

Este é o projecto que, desejamos, constitua ao nível da Europa o início de uma nova fronteira na área deste tipo de transporte. A começar nas suas estações, que queremos sejam locais de cultura e de afirmação da nossa Região, e para cuja concepção vamos desafiar os artistas portugueses, em especial os artistas da AMP.

A nossa obrigação é ter ideias sérias, apresentar projectos credíveis e concretizá-los com afinco, com pertinência e com decisão.

Nós temos os meios humanos que são o capital mais precioso.

Não nos faltam capacidades.

Soubemos conduzir este complexo processo. E esse facto é, indubitavelmente, um testemunho da nossa vontade e da nossa capacidade. E é ainda um exemplo elucidativo do modo como sabemos conduzir uma acção eriçada de dificuldades, que às vezes nos pareceram quase insuperáveis.

Vamos continuar a fazê-lo, porque este processo ainda exige a nossa presença.

É que, queremos acreditar, chegou a hora do Norte. E essa hora reclama, ainda, a presença das vozes mais audíveis da nossa Região. Porque ainda há desafios a travar. Com ardor, com fé e com autoridade.

A Visibilidade Internacional do Projecto do Metro do Porto

ENG. JOÃO PORTO
Director Geral
do Metro do Porto, S.A.

1. Introdução

Desde o início, o empreendimento do Metro do Porto foi concebido como um projecto de qualidade, para dar resposta, nas melhores condições, às necessidades de mobilidade das populações da Área Metropolitana do Porto.

Tal opção envolvia, necessariamente, o recurso às tecnologias mais evoluídas no âmbito dos sistemas de transporte público urbano de passageiros e, portanto, a "know-how" estrangeiro. Estas duas características - tecnologia de ponta e tecnologia importada - seriam suficientes para garantir a visibilidade internacional do projecto. Mas outros factores se lhes adicionam.

2. O concurso

Se estava em causa atrair ao empreendimento a tecnologia mais avançada no domínio da ferrovia ligeira, era lógico que se optasse por um concurso internacional. E sendo conveniente para Portugal o recurso aos fundos estruturais, o concurso deveria ser lançado no âmbito da União Europeia.

Entretanto, outras razões - que não vamos aqui expor - conduziram a que se optasse por uma figura de concurso do tipo "chave na mão", que incluísse, além da concepção e da construção, também a operação durante algum tempo, e tendo ainda sido pedidas aos concorrentes propostas de financiamento parcial do empreendimento.

Foi neste quadro que foi lançado o "Concurso Público Internacional para a Adjudicação do Projecto, Construção, Equipamento, Financiamento e Operação por um Curto Período de Tempo, de um Sistema de Metro Ligeiro na Área Metropolitana do Porto", anunciado, não apenas em Portugal, mas também no Jornal Oficial das Comunidades.

Estruturado em três fases, sendo a primeira de pré-qualificação, o concurso atraiu sete agrupamentos internacionais de empresas como candidatos iniciais.

Todos esses agrupamentos, que foram pré-qualificados, eram constituídos por empresas portuguesas e estrangeiras, cobrindo diversas especialidades, que totalizavam para cima de nove dezenas de firmas, das quais cerca de quatro dezenas estrangeiras (sem contar as instituições financeiras, que foram consideradas à parte).

Este envolvimento já dá uma ideia da projecção internacional do concurso, projecção essa que se manteve

ao longo do processo, não obstante a redução, em cada fase, do número dos agrupamentos concorrentes.

De resto, vários jornais e revistas internacionais, especialmente da área dos transportes, foram dando notícia da evolução do processo.

3. O Projecto

As características concretas do projecto são também de molde a atrair a atenção internacional, constituindo, provavelmente, os mais importantes factores dessa atracção.

Em primeiro lugar, pela dimensão do empreendimento: 70 Km de rede, dos quais 20 Km de linhas totalmente novas, sendo destes 7 Km enterrados, construídos de uma só vez, com um valor de investimento de cerca de 148 milhões de contos a preços de 1996, a que se adicionam 21,6 milhões de contos para a operação durante cinco anos, fazem deste contrato o mais volumoso, no âmbito das novas redes de metro ligeiro, das actualmente em curso na Europa e, talvez, no Mundo inteiro!

Em segundo lugar, pela diversidade de trabalhos que envolve, recorrendo portanto a grande número de especialidades: pois, conforme o referido, tanto inclui linhas novas, como reconversão de infraestruturas existentes; linhas à superfície e enterradas; à superfície, em meio urbano e em meio suburbano; enterradas, a serem construídas com tuneladora e com outras tecnologias de escavação; estações enterradas, também com diferentes tecnologias de construção; reforço da ponte metálica centenária de Luis I; etc.; etc..

Em terceiro lugar, pela já citada tecnologia de ponta que o projecto envolve: a começar, naturalmente, pelo veículo, versão modernizada do "Eurotram", de Estrasburgo, e a continuar nos processos construtivos, nos equipamentos fixos (sistemas de segurança, de controlo, de telecomunicações, etc.) até à bilhética e à gestão da operação do sistema de transporte.

Finalmente, e como também já foi referido, o facto de grande parte dos processos tecnológicos e dos equipamentos serem de origem estrangeira - e normalmente, "know-how" de grandes empresas, que aproveitaram as suas melhores realizações para divulgarem comercialmente os seus produtos no resto do mundo - aumenta a visibilidade internacional do Projecto do Metro do Porto.

4. O financiamento

Também o financiamento do projecto contribui para a sua visibilidade internacional.

Em parte, por razões semelhantes às da tecnologia importada, já que grande parte do financiamento terá origem no exterior: FEDER, BEI e financiamento privado, se for decido aceitar o proposto durante o concurso.

Mas há outra razão a favor da visibilidade do projecto: é que os processos junto do BEI e da Comissão Europeia (para acesso ao FEDER) decorreram de forma exemplar, tendo constituído uma confirmação da qualidade do projecto, reconhecida por aquelas entidades.

Em especial, a atitude do BEI ultrapassou todas as expectativas, não apenas pelo montante global que aceitou financiar, de 109 milhões de contos, mas também por ter entendido tomar tal decisão de uma só vez, antes do início da construção, e não em duas ou três fases, ao longo da obra, como seria natural.

5. As relações internacionais da Empresa

Em virtude da reduzida dimensão da empresa, em número de pessoas do seu quadro de pessoal, não foi possível ao Metro do Porto, S.A., desenvolver uma

política intensa de relações internacionais. Por tal motivo, foram privilegiados os contactos que facilitassem a realização de visitas de estudo a sistemas modernos de metro ligeiro, ou a participação em reuniões técnicas que permitissem identificar as tendências de evolução dos mesmos sistemas.

Seguindo esta orientação, técnicos da empresa têm visitado vários sistemas e participado em reuniões de informação e debate, como foi o caso do Programa Met-Med, de cooperação entre cidades da União Europeia com cidades não europeias de países mediterrâneos.

Mas a ligação mais relevante será, decerto, a participação em actividades da UITP -União Internacional dos Transportes Públicos e, em especial, na sua Comissão Internacional dos Metros Ligeiros.

Em todos estes contactos, a par da informação recebida, é também deixada notícia sobre o projecto de Metro do Porto, que vai sendo razoavelmente conhecido no meio profissional ligado aos transportes públicos urbanos. Aliás, ainda no recente Congresso da UITP em Toronto foi distribuída uma publicação que incluía um extenso artigo, preparado pelos nossos Serviços, sobre o Projecto do Porto. E várias têm sido as revistas da especialidade que também abordam o tema.

Entretanto, começam a surgir solicitações de entidades estrangeiras, universitárias e profissionais, para nos visitarem. Até agora só nos tem sido possível recebê-los na Empresa e apresentar-lhes o Projecto; mas em breve complementaremos essa apresentação com visitas à obra.

Aliás e conforme sumariamente atrás se descreveu, esse fenómeno polarizador de atenções começou já a esboçar-se, pelos menos nos meios académicos e profissionais; e, a confirmar esta tendência, podemos acrescentar o convite que, no seio da Comissão Internacional dos Metros Ligeiros, foi dirigido ao signatário para apresentar uma comunicação, sobre a problemática dos novos sistemas, na próxima Conferência Internacional dos Metros Ligeiros, a realizar em Melburne, no ano 2000.

Mas também temos a consciência de que esse potencial de visibilidade tem de ser estimulado, para se transformar numa realidade palpável e útil. Estamos, pois, a trabalhar nesse sentido, convictos que vamos conseguir.

De resto, este esforço não visa apenas atrair as atenções dos técnicos e dos estudiosos do sector dos transportes públicos, mas sobretudo contribuir para a melhoria, aos olhos de todos, da imagem do Porto, enquanto aglomeração metropolitana, através da efectiva melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes e da sua atractividade, como centro de prestação de serviços, a quem o demanda.

6. Conclusão

Em face do exposto, julgamos poder concluir que o Projecto do Metro Ligeiro do Porto tem características para lhe ser atribuída grande visibilidade internacional.

A Envergadura e Complexidade do Sistema

Uma rede estruturante dos transportes colectivos para a Área Metropolitana do Porto

METRO DO PORTO, S.A.

Introdução

A cidade património mundial

Apesar dos grandes investimentos realizados na organização do tráfego na Área Metropolitana do Porto, para dar resposta à crescente pressão do transporte individual, constatou-se a necessidade de a dotar de um sistema complementar de transporte de grande capacidade que considerasse toda a envolvente e suas interacções, não só no domínio técnico, mas também nos domínios político, social, organizacional, económico e ambiental.

O Porto, centro desta Área Metropolitana, cheio de edifícios históricos e de ruas estreitas, não permite grandes intervenções físicas para dar resposta às crescentes necessidades de mobilidade das populações.

Um transporte fácil e atractivo para habitantes e visitantes, permitirá manter vivo e interessante o centro histórico do Porto, reconhecido e classificado pela UNESCO como Património Mundial.

Isto mesmo foi reforçado com a designação do Porto como Capital Europeia da Cultura em 2001. Trata-se de um importante acontecimento que implica avultados investimentos, que vão contribuir decisivamente para melhorar a qualidade de vida das populações.

O sistema

Sendo a Área Metropolitana do Porto constituída por nove municípios, com uma população de 1,2 milhões de habitantes, é também, uma unidade económica e cultural, à qual o Sistema terá de responder em termos de mobilidade.

Estas razões levaram as autoridades locais a pensar uma solução de transporte público mais eficiente e atractiva para convencer os utilizadores do transporte individual a usá-lo.

Nasce, assim, a ideia da implementação de um Sistema de Metro Ligeiro, que será o primeiro a ser construído em Portugal e integrará, já nesta primeira fase, duas linhas suburbanas.

A implementação deste Sistema contribuirá para inverter a actual tendência de crescimento da circulação automóvel, dando resposta às necessidades de mobilidade nos principais eixos das cidades do Porto, Gaia, Matosinhos, Maia, Trofa, Vila do Conde e Póvoa de Varzim.

A opção por um Metro Ligeiro, cuja capacidade poderá atingir as 15 mil pessoas por hora e sentido, satisfaz as necessidades presentes e permite ter uma reserva de capacidade disponível para responder a solicitações futuras.

O Sistema será operado por uma frota de 72 veículos, que podem ser acoplados dois a dois, durante as horas de ponta, quando a procura o justificar.

O Metro do Porto funcionará diariamente entre as 05:30 e a 01:30, com uma elevada frequência nas zonas urbanas e oferecendo um aumento da frequência nas áreas suburbanas em relação à oferta existente.

Com um intervalo de 4 minutos entre composições, o Sistema terá uma capacidade para transportar 9000 passageiros por hora e sentido.

O traçado

A rede é composta por quatro linhas electrificadas a 750 Vcc.

Uma linha Sul / Norte que começa, em Stº Ovídeo, em Vila Nova de Gaia, atravessa o Rio Douro pela centenária Ponte Luiz I e dirige-se para o Hospital de S. João no extremo Norte da Cidade do Porto.

As restantes três linhas desenvolvem-se desde a estação ferroviária de Campanhã, a nascente da Cidade do Porto, até à Sr.ª da Hora a poente. A partir deste ponto as três linhas divergem em direcção à Cidade Portuária de Matosinhos, à Póvoa do Varzim e à Trofa. Estas linhas utilizarão o canal ferroviário entre a Trindade, no centro da Cidade do Porto, e a Sr.ª da Hora, que será afectado, em exclusivo, ao novo Sistema.

As Linhas da Póvoa e da Trofa aproveitam parcialmente os canais ferroviários já existentes que, também neste caso, serão utilizados exclusivamente pelo Sistema de Metro Ligeiro.

Com a afectação ao Sistema de linhas ferroviárias já existentes optimizou-se o investimento público. Estas serão totalmente remodeladas e modernizadas, dotando-as de parâmetros de qualidade, incluindo dispositivos anti-ruído e anti-vibrações.

A renovação integral da via, com alteração da bitola métrica para bitola standard, a construção de novos cais, a remodelação dos edifícios das estações, a electrificação e a instalação de equipamentos de telecomunicações, assim como, a segurança e controlo de tráfego, dotarão o Sistema de elevados níveis de segurança, fiabilidade e conforto.

A linha Norte/Sul

A linha Norte / Sul, que começa em Stº Ovídeo e vai até para o Hospital de S. João, tem uma extensão de 8,9 Km com 14 estações sendo sete à superfície e sete subterrâneas, com uma distância média entre elas de 590 metros.

Descendo a Avenida da República à superfície tem articulação com o serviço ferroviário em General Torres.

No traçado desta linha será incorporado o tabuleiro superior da monumental Ponte Luiz I, que será objecto de obras de beneficiação.

Após a travessia do Rio Douro, na zona central do casco urbano do Porto, a circulação será feita em 3,9 Km subterrâneos passando, nomeadamente, por S. Bento - articulando-se com o serviço ferroviário - Aliados, Trindade e Marquês.

Desde Salgueiros, junto à Via de Cintura Interna, até ao Hospital de S. João o traçado será à superfície.

No seu extremo Norte vai situar-se um Parque de Material e Oficinas.

O tráfego rodoviário que actualmente utiliza o tabuleiro superior da Ponte Luiz I será desviado para a futura Ponte Infante D. Henrique, que estará concluída em meados de 2001.

Linha Nascente/Poente

Desde Campanhã, onde será implantado um importante interface Rodo–Ferroviário, o traçado é em túnel passando pelo Heroísmo, Campo 24 de Agosto, Bolhão até à Trindade, onde cruzará a Linha Norte / Sul.

Entre a Trindade e a Sr.ª da Hora, passando pela Boavista, numa extensão de 6 Km, o Metro do Porto utilizará o actual leito da linha da CP. Este troço incluirá 8 estações, das quais 3 serão de nova implantação (Lapa, Carolina Michaellis e Sete Bicas).

Da estação de Senhora da Hora até à zona portuária de Matosinhos o traçado é à superfície e terá 10 estações.

Linhas da Póvoa e Trofa

Estas linhas aproveitam o canal ferroviário existente e terão terminus em Campanhã.

Nos troços construídos em via única, fora dos centros urbanos, as estações serão em via dupla para permitir o cruzamento das composições. Porém, todo o traçado prevê a sua futura duplicação.

Entre Srª da Hora e a Póvoa existirão 16 estações, 7 das quais de nova construção, sendo a distância média entre elas de 1,5 Km, o que representa uma diminuição de 1,1 Km em relação à actual oferta de transportes ferroviários.

A Linha da Trofa tem uma alteração ao actual traçado numa extensão de 3,6 Km com 3 estações, sempre à superfície, para servir o centro urbano da Maia.

Entre a Sr.ª da Hora e a Trofa, um troço com uma extensão de 21,5 Km, em via única e à superfície, existirão 13 estações, 8 das quais de nova implantação, com uma distância média de 1,8 Km, representando uma diminuição de 0,9 Km relativamente à actual distância média entre estações no serviço ferroviário.

Na Trofa, esta linha terá um interface com o serviço ferroviário.

O acesso ao Parque de Material e Oficinas de Guifões é realizado em ramal de via dupla, a partir da estação de Sr.ª da Hora.

Expansões futuras

O Sistema de Metro Ligeiro do Porto foi concebido tendo em vista a utilização de soluções de fácil adaptação a condições futuras, por forma a dar resposta às crescentes necessidades de mobilidade na Área Metropolitana.

Para a prossecução desse objectivo estão em estudo várias possibilidades de expansão, não só para servir melhor os centros das cidades do Porto e Gaia, mas também a Cidade de Gondomar.

O Aeroporto e a Exponor também serão ser servidos, no futuro, por este modo de transporte.

Os estudos orientam-se também para a implantação de uma nova ligação ao centro da Maia, através do prolongamento da Linha Sul / Norte, a partir do Hospital S. João.

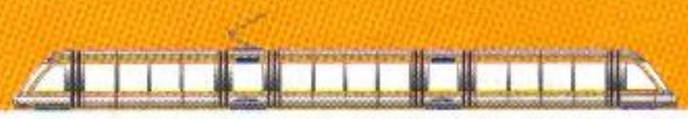
Estações

As Estações do Metro do Porto foram concebidas por forma a assegurar ao cliente bom acolhimento, segurança e comodidade.

O sistema de informação será claro e ergonómico, compreendendo informação horária e de aconselhamento à decisão do cliente, assim como informação sobre o serviço e os apoios ao Sistema (interfaces, estacionamento, etc.). A informação será prestada também por um sistema de teleindicação e de sonorização.

Está prevista a instalação de uma esquadra da Polícia de Segurança Pública, afecta exclusivamente ao Sistema e as estações serão dotadas de videovigilância.

O complexo sistema de bilhética do Metro Ligeiro do Porto foi concebido como um sistema aberto e será compatível com os outros modos de transporte colectivos já existentes, como sejam a STCP e a CP.



O sistema adoptado prevê a existência de mais de uma centena de máquinas de venda automática de bilhetes e cerca de 250 máquinas de validação e controlo de acesso.

O processo de aquisição de títulos de transporte foi estudado de forma a ser facilmente usado pelo cliente.

No sentido de alargar a utilização ao maior número possível de potenciais clientes, todo o Sistema, em particular as estações, foi projectado para receber pessoas que têm mobilidade reduzida, desde as que transportam um carrinho de bebé até às que se deslocam em cadeira de rodas ou as que transportam algum volume.

Todos os equipamentos do Sistema de Metro Ligeiro prevêem a sua utilização por Clientes de mobilidade reduzida, que têm à sua disposição soluções como ascensores, escadas mecânicas, percursos de acesso aos cais devidamente preparados para permitir a circulação de todo o tipo de Clientes.

As estações estão ainda concebidas para promover a complementaridade entre os diversos modos de transporte criando, sempre que necessário, locais de paragem para autocarros e táxis. Está também prevista a construção de um amplo conjunto de parques de estacionamento de viaturas individuais, na periferia das cidades.

As estações são discretas e sóbrias, aliando a funcionalidade a uma estética agradável, através de soluções arquitectónicas valorativas dos espaços a criar e das suas envolventes, com mobiliário urbano ergonómico, estrategicamente colocado e design coerente ao longo de toda a rede, traduzindo a imagem de marca do Metro do Porto.

As 19 estações já existentes nas linhas de caminho de ferro da Póvoa e da Trofa e que serão integradas na Rede de Metro do Porto, vão sofrer intervenções destinadas à sua modernização, de forma a que fiquem de acordo com as exigências do novo Sistema de transporte.

Estas intervenções destinam-se a recuperar a construção e a imagem das estações, limpando-as de todos os volumes acrescentados ao longo dos tempos, repondo a genuína imagem dos caminhos de ferro, deixando para isso, os elementos que as caracterizam, recuperando os materiais e tecnologias construtivas existentes. Serão, também, recuperados os espaços exteriores a estes edifícios.

As estações de nova implantação à superfície estão divididas em dois tipos, consoante estejam integradas em meio urbano ou fora dos centros das cidades. No primeiro caso temos um abrigo transparente com 9 metros de comprimento, em metal, vidro e granito, solto do chão, não comprometendo a multiplicidade de sítios onde será implantado. Em cada estação, serão colocados dois destes abrigos e os cais serão ora centrais ora laterais, com 70m de comprido. Fora das cidades o abrigo será uma "caixa" de betão aparente, de fácil manutenção, sendo dotado de instalações sanitárias e um pequeno bar/quiosque.

As 10 estações subterrâneas localizam-se na zona central da cidade do Porto, dispondo de 2 cais com 4m de largura e com 70m de comprimento de forma a poder acolher composições duplas. São construídas entre os 15 e os 25m de profundidade, em função da topografia e da tecnologia construtiva, obtendo uma maior proximidade da superfície, contribuindo assim para criar um Sistema mais atractivo.

As estações subterrâneas dividem-se em duas tipologias diferentes, embora garantindo uniformidade e uma imagem comum, adaptando-se à diversidade de situações existentes à superfície. O método construtivo, a céu aberto ou em caverna, causa as diferenças entre os dois tipos de estação, apenas notável a partir dos 3m de altura ao cais, com as paredes verticais, num caso, e o tecto em abóbada, noutro.

Os materiais a utilizar serão característicos da região e os painéis cerâmicos decorados por artistas. Os acessos fáceis e rápidos à superfície, evitando longos percursos enterrados, contribuirão para tornar o Sistema ainda mais atractivo.

Oficinas de manutenção e parques de material

O apoio logístico à rede de Metro Ligeiro do Porto será assegurado por duas oficinas, uma de apoio à Linha Sul / Norte, para limpeza e pequenas reparações, localizada junto ao Hospital de S. João e uma outra preparada também para grandes intervenções, em Guifões.

Esta última oficina, com capacidade para 15 veículos, tem 10 linhas cobertas das quais 6 electrificadas. Dispõe ainda de instalações para manutenção das instalações fixas e uma estação de serviço com lavagem automática.

O Posto Central de Comando do Sistema será instalado junto desta oficina.

Junto a cada uma destas oficinas de manutenção existe um parque de material de apoio à operação do Sistema. O material circulante será parqueado também noutros pontos da rede por forma a reduzir os quilómetros percorridos em vazio a 359 008 km, sendo que anualmente o material circulante percorrerá 7 519 287 km.

O veículo

No que diz respeito ao veículo foram tomadas as medidas necessárias para que o embarque e desembarque de passageiros seja o mais cómodo e rápido possível.

Este possui uma suspensão pneumática secundária que mantém a sua plataforma sistematicamente ao nível do cais de embarque, independentemente do número de pessoas a bordo, para além de dispor de seis amplas portas de cada lado e uma plataforma sem qualquer desnível.

O veículo, bidireccional, alimentado a 750 Vcc e com um comprimento de 35 m e 2,65 m de largura, está dotado de plataforma baixa integral, a 35 cm do solo, e de sistemas de segurança capazes de evitar acidentes durante o embarque ou desembarque.

Dispondo de 80 lugares sentados para uma capacidade de 216 passageiros, o "Lay-out" foi desenhado tendo em vista uma densidade de passageiros uniforme ao longo do veículo. O facto de 24 destes lugares serem rebatíveis confere-lhe uma versatilidade capaz de reagir a aumentos pontuais da procura.

O conforto é assegurado por amplos corredores, grandes superfícies envidraçadas, ar condicionado, indicadores de destino e um sistema sonoro que, para além de difundir música ambiente, indica a próxima paragem.

Este veículo, intrinsecamente fiável, possui dispositivos redundantes para que o cliente não tenha a percepção da avaria.

O Metro do Porto e o construtor implementarão um processo Feed-Forward com o objectivo de reduzir os índices de criticidade quanto a frequência e gravidade das avarias para atingir os objectivos propostos. A gestão da problemática RAMS será realizada em regime de seguro de qualidade.

Os veículos são esteticamente agradáveis e ergonómicos quanto ao seu espaço e mobiliário interior, sendo este resistente à abrasão, ao fogo, a ataques químicos e a actos de vandalismo.

O veículo foi desenhado com linhas puras e fluídas, transmitindo sensações de robustez e segurança mas, ao mesmo tempo, leveza e dinamismo. As formas arredondadas, suavizam as esquinas e o engate automático retractil está perfeitamente integrado na estrutura.

Torna-se tão agradável ver este veículo a circular pelas cidades, como admirá-las, confortavelmente instalado no seu interior, através das suas amplas janelas.

O processo

Desde sempre houve a preocupação de que a execução dos trabalhos decorresse em condições que garantissem a minimização dos impactes negativos, característicos da implementação deste tipo de empreendimentos pela sua envergadura e complexidade.

Pretende-se, também, implementar um Sistema cujo nível de falhas seja o mais baixo possível e com custos controlados pelo que foi elaborado um Caderno de Encargos funcional. Isto quer dizer que neste Caderno de Encargos se exprimiram e descreveram os requisitos qualitativos a que o Sistema tem de obedecer, em relação às necessidades de utilização, realçando também exigências e constrangimentos. Foi um Caderno de Encargos que resultou da interpretação das necessidades dos futuros clientes e da sua tradução em funções que foram cumpridas na proposta da Normetro.

Desde sempre foram impostas relações contratuais baseadas em regras universais de boa gestão – as ISO 9001.

Merece destaque o facto de o factor qualidade ter tido um peso de 60% na avaliação das propostas contra os 30% do critério custos e 10% do critério prazo.

A realização

A empreitada, que inclui a concepção, a construção e o equipamento do Sistema de Metro Ligeiro, chave na mão, com operação e manutenção por um período de 5 anos, foi adjudicada ao agrupamento Normetro, constituído pelas empresas Soares da Costa, ADtranz Portugal e Itália, ABB, Somague, Impregilo, Transdev e Semaly.

A fiscalização e controlo da construção do Sistema foi adjudicada ao consórcio composto pelas empresas, certificadas ISO 9001, Cinclus, GIBB e Kaiser.

Segurança e impacte ambiental

A metodologia seguida pelo Metro do Porto no processo de concurso permitiu ao Adjudicatário, que é simultaneamente o projectista, não só definir o faseamento da obra mas também definir as tecnologias mais adequadas com vista a apresentar soluções que promovam, desde a fase de concepção, a segurança e a minimização dos impactes negativos no meio ambiente envolvente, nas edificações circundantes aos locais de execução dos trabalhos, na circulação à superfície e na limitação de acesso a zonas que seja necessário isolar temporariamente.

Para além do recurso a uma tuneladora para execução dos túneis, uma criteriosa escolha dos locais de implantação dos principais estaleiros dão a garantia de minimização dos impactes negativos no meio ambiente, uma vez que também a sua dimensão, duração e protecção visual foi cuidada.

A Segurança não se confina à fase de execução do empreendimento, uma vez que para o Metro do Porto a Segurança começa no projecto e termina na operação do Sistema contemplando também os "ilícito – criminais" e a "percepção de segurança" por parte dos futuros utilizadores.

Assim, será elaborado um Sistema Integrado de Segurança que incluirá não só a variável técnica, mas também, a variável organizacional com vista a maximizar a segurança global do empreendimento.

Antes e durante os trabalhos de movimentação de terras o Metro do Porto implementará um Programa de Salvaguarda de Registos Arqueológicos, com o objectivo de proteger e valorizar os eventuais achados arqueológicos nos locais abrangidos pela construção.

Faseamento

A construção iniciou-se em 1999, devendo a primeira linha entrar em operação em 2001 e a totalidade do Sistema em 2003.

O primeiro troço, desde a Trindade a Matosinhos, entrará em funcionamento 34 meses após o início dos trabalhos e a ligação a Campanhã estará concretizada 10 meses após a conclusão deste. A totalidade da obra será concluída em 60 meses.

O faseamento das obras apresenta-se delicado devido à dificuldade de conciliar esta grande intervenção com um espaço económico e cultural que é a cidade. O planeamento das obras permitirá conciliar estes interesses divergentes nomeadamente pela limitação dos impactes resultantes da execução dos trabalhos nos serviços actualmente prestados pela Rede Ferroviária, sendo criadas alternativas sempre que ocorram rupturas daqueles serviços.

Gestão do projecto

A gestão do projecto da rede de Metro Ligeiro do Porto é assegurada por uma empresa de direito privado, constituída por capitais exclusivamente públicos, o Metro do Porto, S.A., que é concessionária deste serviço público por um período de 50 anos em regime de exclusividade.

A empresa é detida maioritariamente pela Área Metropolitana do Porto (constituída por 9 municípios) com 60% do capital social e tem como restantes sócios a STCP com 25%, o Estado com 10% e a CP com 5%.

O Metro do Porto, S.A., dispõe de uma equipa de reduzida dimensão, especialmente vocacionada para a estratégia global do empreendimento, recorrendo à subcontratação de serviços de consultores especializados, por forma a garantir não só a qualidade pretendida mas também a minimização de custos a médio prazo.

Financiamento

A construção do Sistema de Metro Ligeiro do Porto foi adjudicada, chave na mão, por 846 milhões de Euros - 147 milhões de contos.

Deste montante, 469 milhões de Euros - 94 milhões de contos - referem-se a equipamentos electromecânicos, 258 milhões de Euros - 52 milhões de contos - a trabalhos de construção civil e 119 milhões de Euros - 24 milhões de contos - são referentes à pré-operação, operação e manutenção do Sistema por um período de 5 anos.

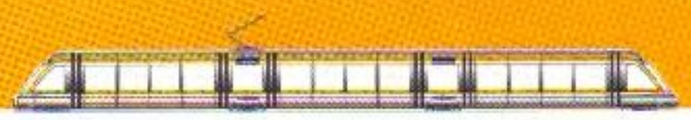
O financiamento – que cobre também outros custos associados ao empreendimento - será garantido em 544 milhões de Euros – 109 milhões de contos, pelo Banco Europeu de Investimentos, sendo a restante verba assegurada pelo Estado Português, por fundos da União Europeia e através do recurso a empréstimos bancários.

Exploração futura

O Sistema operará 20 horas por dia e o plano de operações do Sistema maximiza a disponibilidade e a segurança e minimiza os custos de operação.

Privilegiando a regularidade no serviço suburbano e a frequência no serviço urbano, de modo a aumentar a atractividade do serviço prestado ao Cliente. A exploração é apoiada em sistemas de telecomunicações diversificados, funcionando de forma integrada e o sistema de semaforização garantirá prioridade ao Metro Ligeiro, permitindo obter velocidades comerciais elevadas.

Nas horas de ponta a oferta vai desde um intervalo de 4 minutos, entre composições, no troço mais carregado da Linha Sul / Norte até um mínimo de 15 minutos, entre composições, nas Linhas da Póvoa de Varzim e Trofa.



Por forma a garantir um nível mínimo de riscos de acidente, há um profundo tratamento de todas as questões de segurança, nomeadamente quanto à caracterização de acidentes e respectiva análise de riscos, planos de segurança e planos de emergência.

Conclusão

O Metro Ligeiro do Porto implicará alterações significativas no sistema de transportes da Área Metropolitana, que se pretende diversificado, bem dimensionado e com uma gama de serviços capaz de satisfazer as necessidades da procura.

A entrada em funcionamento do Sistema do Metro Ligeiro do Porto implicará benefícios sociais e ambientais significativos inerentes à utilização de um meio de transporte público seguro, menos poluente e que permitirá reduções no tempo total dos percursos e uma diminuição da pressão sobre o estacionamento no centro da cidade, originada pela conquista de utilizadores habituais do transporte individual.

O Sistema do Metro do Porto terá um papel no desenvolvimento regional, participando no reforço da imagem da região em que se integra, como um pólo de crescimento de dimensão internacional, valorizando as capacidades económicas e tecnológicas pela criação de sinergias.

Uma abordagem económica ao projecto

DR. NUNO ALELUIA
Metro do Porto, S.A.

1. O modelo de gestão do projecto

Para o desenvolvimento de um investimento público desta dimensão, após a decisão política, levanta-se a questão de qual o modelo de gestão económico/contratual do processo que melhor garanta os objectivos definidos, como uma eficaz e eficiente afectação dos recursos públicos, garantia de prazos e de controlo do projecto pelos legítimos promotores e decisores.

Assim, o modelo de gestão escolhido, caracteriza-se sinteticamente da seguinte forma:

- Concessão da execução e exploração de um sistema de metro ligeiro a uma sociedade, em regime de monopólio;
- Criação de uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, onde as autoridades locais detivessem uma posição dominante, responsável pela execução de todas as tarefas necessárias à execução do objecto da concessão;
- Desenvolvimento do projecto por recurso a concurso público para contrato de adjudicação tipo "BOT – Build, Operate & Transfer", no caso, de projecto, construção, financiamento e operação por um período de 5 anos.

A questão seguinte prendia-se com o modelo contratual a seguir quanto aos activos e recursos do projecto. Foi necessário analisar o modelo mais desejável e possível de aplicar a este projecto, de entre dos sistemas conhecidos por "Project Finance" e "Corporate Finance". Uma estrutura contratual de financiamento com base no projecto (Project Finance), necessita de uma contratualização de longo prazo com um grande número de variáveis controladas, hipótese impossível de obter em tempo útil neste projecto, pelo que, o modelo escolhido é o clássico "Corporate Finance".

O modelo de adoptado, tem como elementos base a nova sociedade acima referenciada, que com um capital inicial de 200 mil contos iniciais e hoje em dia de 1 milhão de contos, que irá realizar investimentos, numa primeira fase, da ordem dos 230 milhões de contos, com recursos públicos (nacionais e comunitários) e financiamento comunitário e privado. Esta realidade é complementada pelo facto de uma boa parte dos activos, corpóreos e incorpóreos ser idiossincrática e de muito longo período de vida, e ainda, de a exploração futura do sistema ser previsivelmente deficitária (é prudente assumirmos que a oferta e o tarifário terão uma forte componente social), não originando portanto, recursos para suportar o serviço da divida.

Foi necessário em primeiro lugar, garantir em quantidade e qualidade os recursos financeiros necessários e adequados ao financiamento dos investimentos a realizar e à actividade da empresa. As características dos futuros activos da empresa e aqueles que esta irá

adquirir por conta do Estado deverão ser financiados por recursos com uma forte componente de fundos com carácter permanente e de longo prazo.

2. Os recursos do projecto

O financiamento do projecto tem dois momentos distintos, que deverão ser analisados separadamente. O período de projecto e construção (limitado), onde se põem questões de financiamento de investimento e o período de operação (ilimitado) onde os problemas são de financiamento corrente e de serviço de divida.

2.1. O financiamento do investimento

Para o financiamento do investimento e face aos montantes previstos e ao prazo de realização destes, era imperioso garantir mais que uma fonte de recursos, pelo que se prevê a utilização de fundos públicos, com origem no Estado (OE), fundos Comunitários, do FEDER e do Banco Europeu de Investimentos (identificados como ajustados, desejáveis e imprescindíveis), e ainda de divida comercial, aproveitando as propostas do consórcio adjudicatário e/ou financiamento a contratar directamente no mercado.

2.1.1. Os recursos nacionais

O financiamento do Projecto é assegurado, como vamos observar, por recurso a capitais alheios. Será importante que o Metro do Porto obtenha uma estrutura de recursos equilibrada, nomeadamente na relação capitais próprios versus endividamento, endividamento de curto prazo versus longo prazo e capacidade de serviço da dívida.

Se abordarmos o projecto numa óptica patrimonial, apercebemo-nos que os activos do MP, irão crescer exponencialmente nos próximos anos e, mesmo considerando que a infra-estrutura é uma ILD (Infra-estrutura de Longa Duração) e portanto propriedade do Estado, o valor dos activos afectos à exploração atingirão a partir de 2003, um valor superior a 50 milhões de contos, o qual deverá ter uma adequada cobertura de capital permanente.

A estrutura accionista, tal como previsto no Decreto-Lei nº 394-A/98, revela sem dúvida uma inovadora parceria entre Autoridades Locais e Estado, será composta da seguinte forma:

Área Metropolitana do Porto	60%
STCP - Soc. De Tansp. Colectivos do Porto	25%
Estado	10%
CP - Caminhos de Ferro Portugueses, EP	5%

O primeiro grande passo, em termos de recursos, foi sem dúvida a inclusão deste projecto no PIDDAC –

Balanço Sintético 1994/1998

(unidade 1.000 Pte)

	1994	1995	1996	1997	1998
Activo	168.097	432.631	1.071.462	2.077.490	5.174.929
Situação liq.	151.744	130.432	95.529	82.996	858.802
Passivo + ad.	16.353	302.199	458.933	462.494	854.127
PIDDAC	0	0	517.000	1.532.000	3.462.000

Plano de Investimento de Administração Central, a partir do ano de 1996. Este facto, não só capacitou a empresa de recursos suficientes para fazer face á totalidade dos investimentos realizados até ao fim de 1998, como expressou o apoio inequívoco do Estado Português a este Projecto.

No futuro, o apoio do Estado será muito significativo, quer pelas dotações de OE para apoio ao investimento previstas no Piddac, que ascendem a um total de 62.3 milhões de contos, quer por assegurar o serviço da divida e pelo apoio extraordinário à exploração.

2.1.2. Os recursos comunitários

Desde o primeiro contacto com o BEI, este demonstrou grande interesse pelo projecto. Através de trabalho conjunto, consubstanciado em diversos estudos técnicos (os quais mereceram uma análise muito fina) e também em visitas de especialistas do Banco ao terreno e em sessões de trabalho técnico sectorial, conseguiu-se um grau de conhecimento e de confiança daquela Instituição no Projecto muito elevado, que culminou na aprovação em Junho de 1998, de 109 Milhões de contos de empréstimo, o que se traduz no maior apoio aprovado de uma só vez, até á data pelo BEI, para um projecto em Portugal.

As solução de financiamento disponibilizadas pelo BEI revelaram-se especialmente ajustadas a este projecto, sendo um importante contributo para o seu desenvolvimento. Assim, dispõe o projecto, com a concessão de aval pelo Estado Português, de facilidades de crédito até 25 anos e até 109 milhões de contos ou 50% do investimento total, com 10 anos de carência de amortização de capital, através de desembolsos parciais com várias modalidades de taxa de possíveis.

O Processo de candidatura ao FEDER, após a competente instrução do processo, que teve como pontos fundamentais, além do estudo económico, o EIA – Estudo de Impacto Ambiental e o AIA – Avaliação de Impacto Ambiental, do projecto de Metro Ligeiro, os quais foram conduzidos com sucesso pela COBA e pelo MP - Metro do Porto. A candidatura, com o aapoio da IOT – Intervenção Operacional dos Transportes, mereceu rápida aprovação em Bruxelas nos moldes pretendidos, ou seja, comparticipação de 45% do investimento elegível, num montante total de apoio de 14,4 milhões de contos, no âmbito do QCA II.

2.1.3. O interesse do mercado financeiro pelo projecto

Desde o inicio do desenvolvimento do projecto que as Instituições financeiras demonstraram grande interesse pela Empresa e pelo Projecto, tendo a grande maioria destas apresentado propostas englobando uma grande diversidade de produtos, facto que irá certamente ser mais um factor de sucesso do Projecto. Também os Concorrentes, durante a Fase de Concurso e por lhes ser pedido proposta de financiamento associado à proposta técnica, apresentaram importantes soluções de financiamento, apoiados por alguns dos mais importantes bancos nacionais e europeus.

De entre as propostas apresentadas, que assumiram em alguns casos valores superiores a 30 milhões de contos e prazos até 12 anos, não incluindo aqui as propostas de leasing que assumiram prazos superiores, podemos salientar os seguintes produtos: leasing operacional, leasing financeiro, US crossborder lease, german lease, empréstimo intercalar (sindicado e não), papel comercial, crédito à externo a importação, financiamento bancário de longo prazo (sindicado e não), crédito revolving, empréstimo obrigacionista, descoberto em CC e em DO, empréstimos sindicados standby.

Na actual conjuntura de excesso de liquidez nos mercados e nas instituições financeiras, a colocação de crédito é muito uma questão de garantias, e aqui, sem

desprezar a valia do projecto, a credibilidade política que ele conseguiu foi sem dúvida decisiva para esta aparente abundância de fontes de recursos.

2.1.4. A estrutura do investimento e do financiamento

As estimativas de investimento aqui apresentadas tem como base o contratado com a Normetro, acrescidos de estimativas de acessos, expropriações e indemnizações, fiscalização do empreendimento, investimentos da própria empresa Metro do Porto, S.A., incluindo a sua sede, construção da Ponte Infante D. Henrique, incluindo todos os custos, e também, uma pré-estimativa de investimento numa rede de interfaces de apoio aos sistemas de transporte colectivo.

O investimento aqui apresentado tem como base o modelo MP/IF, versão Março de 1999, desenvolvido a preços correntes (Inflação de 2,5%/ano) que é assim estimado em 230.240.157 contos, repartido a seguinte forma:

Empresa Metro do Porto, S.A.	2.490.287
Sistema de Metro Ligeiro	171.048.057
Expropriações/Indemnizações/Acessos	8.604.108
Fiscalização	6.350.747
Interfaces	10.186.179
Outros	8.036.916
Juros Imobilizados	16.318.726
Sub-Total	**223.035.021**
Investimento em fundo de maneio	1.367.194
Total Metro	**224.402.215**
Ponte Infante D. Henrique	5.837.942
Total	**230.240.157**

O projecto terá as seguintes fontes de recursos, assim repartidas:

ENTIDADE	CAPITAL	%
Capital Social	1.000.000 contos	0.4 %
Orçamento do Estado	62.279.860 contos	27.0 %
Feder	14.389.000 contos	6.2 %
Prestações acessórias de capital	10.316.240 contos	4.5 %
B.E.I.	107.000.000 contos	46.4 %
Empréstimo m.l.p.	35.000.000 contos	15.2 %
Meios Libertos	255.057 contos	0.1 %
Total	230.240.157 contos	100.0 %

Este é um processo vivo, pelo que aqui apresentamos a configuração que hoje é considerada mais adequada, devendo ser alterada sempre que o mercado financeiro disponibilize soluções mais convenientes ou adaptadas ao projecto.

2.1.5. Alguns indicadores económicos

A perfomance deste empreendimento resulta inequívoca dado os valores assumidos pelos seguintes indicadores:

Valor actual líquido	90.6 Milhões contos
Taxa interna de rentabilidade	8.8 %
Prazo de recuperação do investimento	9.6 anos
Investimento total por quilometro	3.3 Milhões contos

O cálculo dos 3 primeiros indicadores resulta da actualização do cash-flow líquido do projecto para o período de 20 anos, tendo como parcelas aditivas os resultados líquidos, as amortizações do exercício, os encargos financeiros de financiamento e os benefícios sociais e ambientais e como parcela subtractiva o valor do investimento. De referir que o "apoio extraordinário" e o "apoio ao serviço da dívida", sendo proveitos que integram a conta de exploração da empresa Metro do Porto, S.A., influem positivamente nestes indicadores. O Valor Actual Líquido foi calculado utilizando a taxa de desconto de 4%.

2.2. O financiamento da exploração

De acordo com a informação disponível estima-se que a procura total de TC no ano 2000 será de 782.000 viagens por dia e crescerá nos anos seguintes à taxa de 0,49%. A quota do Metro foi estimada em 27,6% daquele total, o que no 1º ano em que todas as linhas estão a operar (ano de 2003) representa 66 milhões de viagens por ano. Assumindo que o preço dos títulos de transporte e a repartição entre estes será idêntica à actual dos S.T.C.P., os proveitos directos previsionais originados pelo sistema, em ano cruzeiro e a preços correntes, serão de 5 milhões de contos. Os custos totais de exploração, ascenderão no mesmo ano, segundo o contrato de exploração com a Normetro, em 8,8 milhões de contos.

Com um tarifário e regime de exploração com carácter social, será necessário um "Apoio Extraordinário" à exploração por parte do Estado Português, que se traduzirá em 3,8 Milhões de contos, (valor necessário para que os resultados operacionais, antes da função financeira, sejam nulos), o que traduz uma taxa previsional de cobertura de 57%.

Como já foi referido, a exploração comercial do serviço de transportes do Metro é feita com tarifas sociais inferiores ao custo efectivo do serviço prestado, pelo que a exploração do sistema não gera os fundos necessários ao cumprimento do serviço da dívida (capital e juros) a contrair para financiar o investimento. É portanto incontornável que seja o Estado a assumir o esforço financeiro de apoio ao serviço da dívida.

Deverá ser portanto equacionado o aumento de performance económica do sistema, quer através de novas linhas e extensões das actuais, quer pela implementação de uma rede de interfaces e de facilidades associadas a novos títulos de transporte, obtendo-se assim uma maior atractividade traduzida em mais passageiros e numa oferta que objectivamente suporte um novo tarifário.

2.2.1. Alguns indicadores de exploração

O projecto de operação, tal como é conhecida hoje a sua estrutura de custos e de proveitos, poderá ser sintetizado em ano cruzeiro (2004), através dos seguintes indicadores:

Veiculos* Km	6.451.322
Lugares/quilómetro	1.546.617.129
Custo médio / lugar km	3$67
Proveitos Ano / trabalhador	20.000 contos
Custo médio / passageiro	136$00
Proveito médio / passageiro	76$00

3. O impacto do Projecto na economia regional

Este investimento tem um importante papel no desenvolvimento da economia regional, pela fixação e desenvolvimento de saber-fazer e de emprego qualificado, pelo efeito transferência de tecnologia e, evidentemente, pelo efeito rendimento. Utilizando uma análise de caracter comparativo, realizada pela IF em 1997, e que apenas reflecte o resultado do contrato com a Normetro, no valor de 169 milhões de contos - não espelhando assim todo o contributo do investimento para o desenvolvimento de economia nacional e regional - o impacto do projecto é aqui caracterizado pelos VAL - Valores Actualizados Líquidos do Investimento e dos Custos de Operação:

Origem	Total	Distribuição
Nacional	101.410.000	65,7 %
Importado	52.853.000	34,3 %
Regional	65.968.000	42,8 %
Total	**154.262.000**	**100,0 %**

Assim espera-se que o Valor Actualizado Liquido (Agregado) associado ao contrato com a Normetro atinja 154.262 mil contos, sendo 42,8 % desse montante directamente repercutido sobre a economia regional. Trata-se claramente de um investimento estrategicamente muito importante e que contribuirá, por certo, para o crescimento do PIB potencial e efectivo gerado na região.

4. Benefícios Sociais e Ambientais do Projecto

A avaliação dos benefícios sociais e ambientais da rede do Metro do Porto, efectuada em 1997 pelo Banco ESSI e pela T.I.S, revela que os benefícios decorrentes do projecto são muito significativos, mesmo considerando apenas as seguintes componentes: a diminuição do tempo total de percurso e utilização de um meio de TC menos poluente e menos caro, o ganho de tempo e a diminuições de carga polutiva atmosférica e carga no estacionamento, a diminuição dos custos de operação de veículos privados, por efeito da transferência para o TC (menos veículos e menor congestionamento) e a diminuição dos custos de operação de frotas de TC por menor oferta necessária.

Resulta assim o valor global dos benefícios sociais e ambientais obtidos durante os primeiros 15 anos de funcionamento do sistema de metro ligeiro:

	(contos)
Ganhos de tempo	95.344.820
Benefícios ambientais	17.652.160
Menor pressão de estacionamento	29.437.920
Operadores rodoviários	80.347.920
Descongestionamento	42.813.100
Total	**265.595.920**

Note-se que nesse estudo não foram tratados diversos aspectos favoráveis ao projecto:

- valorização imobiliária nas proximidades das estações (transferência entre privados);
- ganhos de segurança de transportes, menos acidentes rodoviários.

Na perspectiva conservadora aqui considerada dos benefícios da rede do MP, o projecto gerará um ganho em benefícios ambientais e sociais muito significativo, já que, os ganhos estimados para o período são de 265 milhões de contos.

A Integração do Jurídico no Metro do Porto

DRA. CRISTINA PASSOS
Metro do Porto, S.A.

Introdução

Desde sempre com um grande envolvimento político, com início visível em Novembro de 1993 – data da primeira exposição na Av. dos Aliados acerca de um Sistema de Metro – passando pela constituição da sociedade Metro do Porto, S.A., até à assinatura do contrato de financiamento com o Banco Europeu de Investimento, claro sinal de reconhecimento pelas mais altas instâncias europeias deste Projecto, foi possível que, com grande capacidade de vontade e resistência das instâncias políticas locais, o Metro se tornasse num Sistema regrante da mobilidade na Área Metropolitana do Porto.

A iniciativa e capacidade políticas locais foram determinantes para o lançamento deste Projecto, com posterior adesão por parte das instâncias nacionais e europeias, alcançando-se assim um grande comprometimento e cumplicidade entre todos os intervenientes.

Desafio e oportunidade

Para dar resposta às necessidades de mobilidade na Área Metropolitana do Porto, tomou-se a opção de implantar um Sistema de Metro Ligeiro (LRT - Light Rail Transit), sendo acometida aos técnicos a tarefa de formalizar a opção política dentro de um novo modelo de cidades.

Assim se transformou a determinação política, de uma só vez, num desafio e oportunidade técnica.

O significado do sistema de Metro do Porto

No desenvolvimento da formalização técnica daquela oportunidade - projectar o Sistema de Metro - foi concebido um projecto com uma grande complexidade e envergadura, integrador das mais variadas valências do conhecimento, que se concretizou no maior empreendimento do género em curso na Europa.

Esta abordagem global do empreendimento ganhou visibilidade internacional também pela inovação ao nível conceptual do próprio Caderno de Encargos, que, preocupando-se mais com a satisfação das necessidades dos futuros utilizadores, optou por caracterizar funcionalmente essas mesmas necessidades, tendo assim sido objecto de estudo e apresentações em congressos internacionais.

Para a concretização deste modelo de cidades, os técnicos tiveram que agir com grande rigor e tecnicidade, sem perder a visão global do empreendimento, daí ter havido desde o início uma abordagem multidisciplinar, onde o momento jurídico assumiu um papel determinante ao nível da formalização institucional e dos aspectos metodológicos a adoptar, integrando valores essenciais da convivência humana, que garantiram aos intervenientes, total equidade, transparência e justiça.

O sistema

O primeiro momento jurídico

Foi sentida a necessidade de um modelo organizativo possibilitador de modos de gestão para além do modelo tradicional da administração pública, tendo neste enquadramento sido constituída a sociedade Metro do Porto, S.A., através do Dec. Lei 71/93, de 10 de Março, onde, ainda que de forma sucinta, foi definido o campo de actuação e respectivas atribuições da Empresa.

O lançamento do Projecto

Aquando do lançamento do Concurso, foram integradas variadíssimas valências, as quais, de forma sistemática, organizada e inovadora, englobavam vários *subsistemas* a integrar no Sistema de Metro a projectar.

Assim, aliado a aspectos de ordem técnica (aos quais, como não podia deixar de ser, foram associadas componentes de ordem ambiental), enquadraram-se as perspectivas: social, económico-financeira, de gestão, política e jurídica.

De referir que o *subsistema* jurídico, para além de um sistema autónomo que se debruçou sobre problemas próprios - questões jurídicas propriamente ditas - também surgiu como um sistema integrador dos restantes, na medida em que o jurídico, na sua vertente de modo de pensar as melhores regras de convivência humana, detém um modo de ser próprio e propício a aglutinar diversos interesses e necessidades.

Desta forma, o direito como momento integrador, com vida própria e determinante na vida dos restantes *subsistemas*, ocasionou decisões, marcando prazos, sendo ele por vezes mais actor do que reactor.

O concurso

A estruturação

Com base no já referido Decreto-Lei 71/93, de 10 de Março, o Metro do Porto lançou então o Concurso Público Internacional para a Adjudicação do Projecto, Construção, Equipamento, Financiamento e Operação por um curto período de tempo, de um Sistema de Metro Ligeiro na Área Metropolitana do Porto, nos termos e para os efeitos do artº 48º do Decreto-Lei 405/93, de 10.12., o qual compreendeu, na conformidade do nº 2 do mesmo preceito, «... as fases de

- *abertura do concurso,*
- *apresentação da documentação,*
- *habilitação dos concorrentes,*
- *verificação dos requisitos das propostas, e*
- *adjudicação.»*

contudo, o preenchimento daquelas fases deu-se de forma original e imaginativa, sempre com respeito pelas garantias por parte de quem concorreu, tanto mais que essa originalidade e imaginação só serviram para reforçar as garantias dos Concorrentes, dentro de um regime de plena igualdade.

Daí que o presente concurso tenha sido concebido por fases sucessivas, sem que vez alguma tenha deixado de existir um uno e coerente concurso público, a saber:

1ª Fase - Pré-qualificação (no âmbito da qual se pretendia ter um conhecimento da oferta existente no mercado);

2ª Fase - Selecção (determinante na tomada de consciência das várias hipóteses de um sistema de Metro Ligeiro, mediante a apresentação das diferentes propostas);

3ª Fase - Negociação (com vista a garantir o alcance de uma definição capaz e coerente das propostas presentes na fase anterior);

Assim, e ainda que de forma muito sumária, fazendo o histórico do processo, à 1ª Fase apresentaram-se 7 candidatos, tendo todos sido apurados para a 2ª Fase, contudo, por motivos de reorganização das próprias empresas entretanto pré-qualificadas, à 2ª Fase só se apresentaram 4 concorrentes, dos quais, tal como estabelecia o processo de concurso, 2 foram seleccionados para a última fase de negociação.

De referir que, relativamente à 3ª Fase do Concurso - a qual me permito individualizar dada a sua especificidade - as normas aplicadas foram, desde logo, as estabelecidas nos seus documentos principais; ou seja, no "Programa de Concurso" inicial (1ª Fase), no "Programa de Concurso - Complemento para as 2ª e 3ª Fases" e no "Caderno de Encargos" ("Condições Jurídicas e Condições Gerais").

Tais documentos, de aplicação evidentemente obrigatória, eram também suficientemente claros quanto às regras enquadradoras quer da actividade dos Concorrentes quer da do Metro do Porto, e isso tanto no que respeitava à vertente técnica do Concurso, como também no que se reportava à negociação contratual (esta inteiramente nova, já que característica desta 3ª Fase).

De referir que todo este processo culminou com a adjudicação à Normetro - Agrupamento do Metropolitano do Porto, A.C.E..

O Caderno de Encargos

Uma referência apenas para o documento que esteve na base de todo este processo. O Caderno de Encargos foi efectivamente orientador da elaboração das propostas por parte dos Concorrentes pré-qualificados, e em resposta ao qual surgiram diferentes soluções, tanto mais que aos concorrentes cabia a função de projectistas, sendo que enquanto na 2ª Fase de Concurso as propostas se encontravam com um desenvolvimento de Estudo Prévio, durante a última fase aquelas propostas evoluíram para um nível de Anteprojecto.

Foi assim dada liberdade aos Concorrentes para que estes viessem com as suas próprias tecnologias, modelos organizacionais e opções, pretendendo-se desta forma assegurar a constituição de um Sistema coerente, económica e tecnicamente viável (como exemplo pode referir-se o próprio veículo, cuja opção em termos ergonómicos e respectivas dimensões couberam à discricionaridade do Concorrente - sendo que, só este aspecto teve, entre outras, implicações directas na configuração das estações e na secção dos túneis. Ou seja, o veículo tinha que cumprir determinadas funções e não dimensões).

A empresa

A empresa e o direito

Logo aquando do lançamento do concurso, e de forma particular na sua pendência, foi objectivo do Metro do Porto possibilitar modos de gestão actuais, prevendo designadamente várias hipóteses de subcontratações.

No âmbito da execução do Contrato celebrado, tem a empresa Metro do Porto vindo a interagir com variadíssimas entidades, sempre num imenso esforço, por forma a conciliar várias técnicas e mercados (empresas de construção civil, equipamentos e de operação). Neste contexto ao direito cabe o papel de, perante objecto tão complexo como este, lograr clarificá-lo em cada momento/relação.

O momento actual da Empresa

Mediante resolução de Conselho de Ministros, com data de 25 de Novembro de 1998, foi todo o processo de concurso e respectiva adjudicação aprovada.

A par desta iniciativa, foi ainda entendido que o arranque das obras de construção da Rede de Metro na Área Metropolitana do Porto devia ser precedido da revisão das bases da concessão e de uma previsão da

evolução societária da Empresa, o que se consubstanciou num conjunto de documentos que foram integrados no Dec. Lei 394-A/98, de 15 de Dezembro (diploma este que revogou o já referido Dec. Lei 71/93, de 10.03)

Neste âmbito foram igualmente definidos os parâmetros pelos quais toda a actividade da empresa se deve pautar de ora em diante.

Conclusão

Permito-me concluir com uma última referência ao papel desempenhado pelo direito no Metro do Porto, o qual repercute o bom senso, como elemento linguístico de lugar comum e como resultado final de um modo-de-ser próprio do direito, na medida em que se traduz em regras universais de gestão com vista a conformar interesses fundamentadamente.

Nesta perspectiva, no Metro do Porto, o direito, mais uma vez assumiu um papel conformador de vontades, aglutinador de interesses e disciplinador de decisões.

Assessoria Técnica ao Projecto do Metro Ligeiro do Porto

ENG. AGUINALDO AZEVEDO
Coordenador da equipa de consultores do Consórcio Ferbritas/Ensitrans

A experiência internacional de uma equipa multidisciplinar

"A concretização de um Projecto desta envergadura se, por um lado, requer a convergência de esforços e vontades dos órgãos a quem cabem as complexas decisões políticas que lhe estão subjacentes, exige, por outro, a mobilização de uma vasta equipa multidisciplinar, com técnicos altamente qualificados nas várias valências do Projecto, que seja capaz de dar resposta aos muitos e complexos problemas que se colocam durante o processo da sua implementação"

Introdução

Nas últimas décadas, impôs-se, um pouco por todo o mundo, nas metrópoles mais modernas, o conceito de flexibilidade evolutiva em transportes de passageiros: o Metro Ligeiro (LRT - Light Rail Transit). Para o êxito deste novo sistema contribuíram, entre outros factores, a sua convivência amigável com a cidade - permitindo respeitar os traços característicos de cada uma delas e, em simultâneo, viabilizar a sua evolução natural – a possibilidade de reconversão fácil de estruturas similares já existentes e ainda uma aplicação mais racional dos investimentos, dados a possibilidade de faseamento da sua implantação e os menores custos de exploração relativamente aos sistemas de metro convencionais.

Na Europa, a readopção do conceito de transporte ferroviário ligeiro para o transporte massivo de passageiros, iniciado com a reconversão de antigas linhas de eléctrico, começou por verificar-se em Gotenburgo. De seguida, muitas outras cidades fizeram a mesma opção, referindo-se, só para citar alguns exemplos, cidades como Linz, Graz, Amesterdão, Basileia, Zurique, Antuérpia, Bruxelas, Colónia, Karlsrhue, Estugarda, Grenoble, Paris, Manchester e, mais recentemente, Estrasburgo e Valência.

O desenvolvimento tecnológico constante, na concepção e qualidade de fabrico de material circulante, ocorrido, sobretudo, nos anos noventa, permitiu, entre outras melhorias, o rebaixamento dos pisos das composições, facultando o acesso rápido e seguro, inclusivamente a pessoas de mobilidade reduzida.

Por outro lado, a inovação no design dos veículos - que a par do desenvolvimento tecnológico, tem conseguido associar a funcionalidade à estética - aliado à facilidade da sua integração urbana, confere ao Metro Ligeiro uma imagem de modernidade, adaptada às exigências dos tempos modernos, e tem vindo a atenuar, gradualmente,

a sensação de agressividade do transporte ferroviário, até aqui transmitida pelo comboio.

Foi este, também, o sistema de transporte escolhido pelas autoridades da Área Metropolitana do Porto (AMP) - que concluíram ser este o modo mais adequado aos objectivos a atingir pelo sistema global de transportes desta metrópole – associando-se, assim, à tendência de adopção crescente deste novo meio de transporte, que vem permitindo às autoridades metropolitanas porem em prática políticas de bem estar social, proporcionando à população um serviço de transporte confortável, agradável, fiável e seguro, em condições de exploração rentabilizadas.

As acções necessárias à implementação do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto, incluindo a sua exploração, foram cometidas à Metro do Porto, S.A, sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, constituída nos termos do Decreto-Lei 71/93, de 10 de Março, a quem foi atribuída "a concessão para a construção e exploração, em regime de exclusivo, de uma rede de metro ligeiro na Área Metropolitana do Porto", culminando um processo de diálogo entre o Governo e as autoridades locais, a quem couberam as iniciativas nesta matéria.

A assessoria técnica no processo de implementação do Sistema

A concretização de um Projecto desta envergadura se, por um lado, requer a convergência de esforços e vontades dos órgãos a quem cabem as complexas decisões políticas e financeiras que lhe estão subjacentes, exige, por outro, a mobilização de equipas técnicas multidisciplinares, com elementos altamente qualificados que, nomeadamente, garantam a coerência e validem as soluções conceptuais, técnicas e tecnológicas a concretizar e sejam capazes de dar resposta aos

Karlshue

muitos e complexos problemas que se colocam durante o processo da sua implementação.

Ao Consórcio Ferbritas/Ensitrans coube o privilégio de, desde a primeira hora, estar associado, como consultor técnico, à implementação deste Projecto, prestando ao Metro do Porto assessoria especializada em todas as áreas técnicas nele envolvidas, integrando, aqui, a experiência das empresas consorciadas adquirida em projectos similares. A Ferbritas, detida a 100 % pela REFER, tem estado associada a grandes empreendimentos ferroviários levados a cabo em Portugal, como a modernização da linha da Beira Alta e o Eixo Ferroviário Norte-Sul; o Ensitrans, Agrupamento Europeu de Interesse Económico (AEIE), agrupa, por seu lado, duas empresas de engenharia – a Ferconsult, empresa de engenharia de transportes detida a 100 % pelo Metropolitano de Lisboa, e a Sener, a maior empresa privada de consultoria espanhola, com actividade em todos os campos da engenharia – e duas empresas operadoras – o Metropolitano de Lisboa e a TMB (Transports Metropolitans de Barcelona) – e esteve envolvido em projectos de transporte ferroviário de grande envergadura como, por exemplo, o metro de Bilbao, o metro de Valência, a ampliação do metro de Lisboa, a ampliação do metro de Madrid.

Foto ADtrans

Uma das primeiras tarefas a levar a cabo foi a definição do processo a adoptar para a implementação do empreendimento. Das hipóteses então ponderadas, optou a Metro do Porto, dadas a dimensão e as características do Projecto, pelo lançamento de um único concurso Público Internacional para Projecto, Construção e Operação, a desenvolver em três fases:

a) uma 1ª Fase para pre-qualificação de concorrentes;

b) uma 2ª Fase (concurso, propriamente dito) para selecção das duas melhores propostas apresentadas pelos concorrentes admitidos, elaboradas com base ou a partir de uma "Solução de Referência" (Projecto Base) posta a concurso e,

c) uma 3ª Fase para a selecção da proposta final, com base num processo de negociação entre a Metro do Porto e os dois consórcios detentores das duas propostas melhor classificadas na 2ª Fase.

Este processo, inédito em Portugal, se por um lado acresceu as nossas responsabilidades como consultor, constituiu, por outro, um desafio aliciante à nossa capacidade no campo da engenharia de transportes, desafio que de bom grado encaramos e cuja resposta acabou por constituir um factor de enriquecimento da nossa própria experiência.

Durante o período em que decorreu (Outubro/94 a Dezembro/97), a actuação do Consórcio Ferbritas/Ensitrans, incidiu basicamente na realização das seguintes tarefas:

1ª Fase - Pre-qualificação.

- Participação, com formulação de proposta, na definição do enquadramento institucional do concurso, tarefa cometida, então, ao Banco ESSI (consultor financeiro do MP), tendo a TIS como seu colaborador;
- Definição preliminar da rede: definição preliminar do traçado (com base em estudos de alternativas de corredores), localização de estações, tipologias construtivas.
- Definição dos critérios de selecção de candidatos;
- Apreciação das candidaturas à pré-qualificação.

2ª Fase - Concurso

- Elaboração do Cadernos de Encargos para a Prospecção Geológico-Geotécnica dos troços enterrados.
- Elaboração do Projecto Base: Programa de exploração (oferta, esquemas de via, frequências...), traçado, definição de estações, secções construtivas, equipamentos electromecânicos, sinalização e telecomunicações, Parques de Material e Oficinas (PMO), Orçamento e elaboração das Condições Técnicas Gerais relativas a Projecto, Construção Civil, Equipamentos, Material circulante, Operação e Manutenção)
- Preparação do Processo de Concurso Público Internacional para "Projecto, Construção, Equipamento e Operação de um Sistema de Metro Ligeiro na Área Metropolitana do Porto"
- Apreciação das Propostas
- Assessoria Técnica à Comissão de Avaliação das Propostas

A preparação do Programa de Concurso e do Caderno de Encargos envolveu uma profunda reflexão técnica quanto às opções de base a tomar, uma vez que se, por um lado, se pretendia um concurso tão aberto quanto possível, por forma a não afastar as várias soluções tecnológicas que o mercado pudesse oferecer, por outro, havia a necessidade de impor o cumprimento de uma série de exigências técnicas e funcionais, que garantissem que a solução finalmente eleita fosse a que melhor satisfizesse os padrões (elevados) de qualidade e de segurança - estabelecidos pelo Metro do Portos, subjacentes ao objectivo da prestação de um serviço orientado para o cliente - dentro das melhores condições económicas possíveis.

Foi um trabalho delicado - até pelas suas implicações políticas - mas de importância primordial para o processo, já que se definiram, então, não só aqueles que foram os conceitos e parâmetros fundamentais para a configuração do futuro sistema - filosofia de operação e manutenção, oferta, funcionalidade, comodidade, conforto e segurança de instalações e equipamentos, tipologia e performances a atingir pelo material circulante (capacidade, velocidade, conforto, segurança e fiabilidade, etc) -, mas também os critérios para a selecção das duas melhores propostas.

3ª Fase – Negociação.

Uma vez seleccionadas as duas melhores propostas, e perante a diferença das soluções por cada uma delas preconizadas, um dos primeiros trabalhos a desenvolver, nesta fase, pelo Consórcio Ferbritas/Ensitrans foi o estabelecimento de critérios e de uma metodologia, aceites por ambos os concorrentes (Agrupamentos Normetro e Metropor), para o desenvolvimento das suas propostas até ao nível de Anteprojecto. Este trabalho visava fundamentalmente assegurar que as propostas técnicas, relativas a cada uma das especialidades do Projecto, fossem apresentadas o mais uniformemente possível, em termos do seu conteúdo e do seu grau de elaboração, por forma a facilitar o processo de negociação.

Estrasburgo

Com este desiderato, foram elaborados índices - com indicação do conteúdo de cada item das peças escritas e das peças desenhadas - para a elaboração dos anteprojectos de todas as especialidades de Civil e Instalações Fixas, bem como para o anteprojecto do Material Circulante e para os documentos com as disposições a observar relativos à Operação e Manutenção, Qualidade e Segurança e Impactes Ambientais.

As outras actividades desenvolvidas pelo Consórcio foram, de forma resumida:

- A revisão dos Anteprojectos elaborados em duas fases pelos dois concorrentes.
- Assistência técnica ao Metro do Porto durante o processo de negociação que ocorreu com os dois concorrentes em simultâneo.
- Assessoria na redacção e negociação da minuta de contrato e Anexos técnicos (Gestão da Qualidade e da Segurança, Plano de Trabalhos, Recepção do Sistema, Operação e Manutenção do Sistema, Seguros).

Nestes trabalhos - desenvolvidos de forma discreta e orientados sempre por princípios de rigor e qualidade técnica, que se entendem indissociáveis da actividade de consultoria – intervieram mais de uma centena de técnicos superiores (de entre as 26 especialidades técnicas envolvidas no Projecto), procedentes das empresas consorciadas, o que exigiu um esforço de coordenação apreciável e estabelecimento de procedimentos de actuação internos por forma a validar e dar coerência aos pareceres e relatórios emitidos.

Nesta fase, e porque se considerava fundamental uma estreita e permanente colaboração entre o Metro do Porto e a sua equipa de consultores, o Consórcio Ferbritas/Ensitrans, com o acordo daquela empresa, constitui uma equipa de assessoria permanente, sediada no Porto, em instalações anexas à sede da Metro do Porto, S.A.

A organização da estrutura MP/Consultores durante o processo de negociação foi, em termos gerais a que esquematicamente se apresenta na figura seguinte

Durante o ano de 1998, e em paralelo com os trabalhos da 3ª Fase, o Consórcio Ferbritas/Ensitrans, prestou ainda apoio ao Metro do Porto no processo de lançamento do concurso Público Internacional de Projecto e Construção" da Ponte Infante D. Henrique, a construir sobre o Rio Douro, entre Porto e Gaia, elaborando o Programa Preliminar, o Caderno de Encargos, participando na análise técnica das propostas e prestando assessoria na elaboração da minuta do contrato.

Grenoble

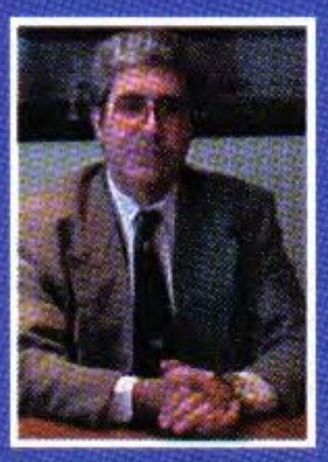
Considerações finais

O Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto era uma antiga aspiração das suas populações que remonta já aos anos cinquenta, aquando da instalação do metro politano em Lisboa. Considerada, então, uma ideia impraticável, quer devido às dificuldades topográficas e geológicas da cidade do Porto, quer aos investimentos que supunha, apresenta-se hoje como uma realidade próxima que irá contribuir para a resolução de alguns dos graves problemas de transporte desta Área Metropolitana, podendo ainda, ao configurar corredores de grande mobilidade, vir a constituir um importante instrumento para o ordenamento do seu território.

A sua concretização, porém, exigirá ainda a mobilização de uma quantidade enorme de recursos e vontades e constituirá, certamente, uma grande desafio às capacidades empreendedora e de gestão do Metro do Porto e de todos os seus colaboradores.

Pela nossa parte, estamos empenhados no êxito deste empreendimento que será, também e afinal, a nossa melhor recompensa.

NORMETRO Projecto e Realização



Eng. ALBINO RIBEIRO
Director Coordenador da Normetro, ACE

A Normetro e o processo de concurso / adjudicação

A Normetro, Agrupamento do Metropolitano do Porto, ACE, é constituída por 8 empresas: a Sociedade de Construções Soares da Costa, S.A.; a ABB Daimler-Benz Transportation, S.A.; a ABB Daimler-Benz Transportation (Itália), S.p.A.; a ABB Sae, S.p.A.; a Somague, Engenharia, S.A.; a Impregilo, S.p.A.; a Société Europeénne pour le Developpement des Transports Publics – Transdev, S.A. e a Semaly, S.A..

Foi em Março de 1995 que a SOARES DA COSTA., a IMPREGILO S.P.A., a SOCONSTROI, S.A., a ABB SAE SADELMI, a ABB TECNOMASIO, a ABB ELECTRICA, a SEMALY e a TRANSDEV (conjunto de empresas este, de que, após diversas fusões / mutações viria a resultar o actual grupo acima referido) se associaram no Consórcio Normetro, liderado pela Soares da Costa com o objectivo de participar no "Concurso Público Internacional para adjudicação do Projecto, Construção, Equipamento, Financiamento e Operação por um curto período de tempo de um Sistema de Metro Ligeiro na Área Metropolitana do Porto", um dos maiores projectos então em concurso público internacional na União Europeia.

Foi com grande satisfação e orgulho que, em Dezembro de 1997 e após diversas fases daquele concurso, este conjunto de empresas, entretanto juridicamente re-organizadas sob a forma de Agrupamento Complementar de Empresas (ACE), recebeu da empresa Metro do Porto, S.A. a notificação da decisão de adjudicação da empreitada.

Entretanto e como resultado de algumas contestações entretanto apresentadas por outros concorrentes, viria a seguir-se um longo e conturbado compasso de espera, razão pela qual, apenas em 16 de Dezembro de 1998 viria a ser assinado o correspondente Contrato, por um valor total aproximado de 169 milhões de contos.

Volvidos 4 anos desde o início deste processo, é pois, com redobrado empenho, que a Normetro abraça agora a tarefa de projectar e construir o Metro Ligeiro da cidade do Porto, Cidade Património Mundial e Capital Europeia da Cultura em 2001 e que, como abaixo se descreve, servirá igualmente vários outros concelhos limítrofes.

O Projecto

O Projecto do Agrupamento Normetro foi elaborado com base na rede de referência definida pelo Metro do Porto para execução nos próximos anos.

As 4 linhas consideradas terão aproximadamente 70 km de extensão consistindo em 2 linhas urbanas e 2 suburbanas, designadamente:

- Linha C: Porto - Matosinhos (Campanhã - Senhor de Matosinhos), reutilizando parte do traçado ferroviário actual;
- Linha S: Gaia – Porto (Sto. Ovídio – Hospital de São João);
- Linha T: Porto – Trofa;
- Linha P: Porto - Póvoa de Varzim.

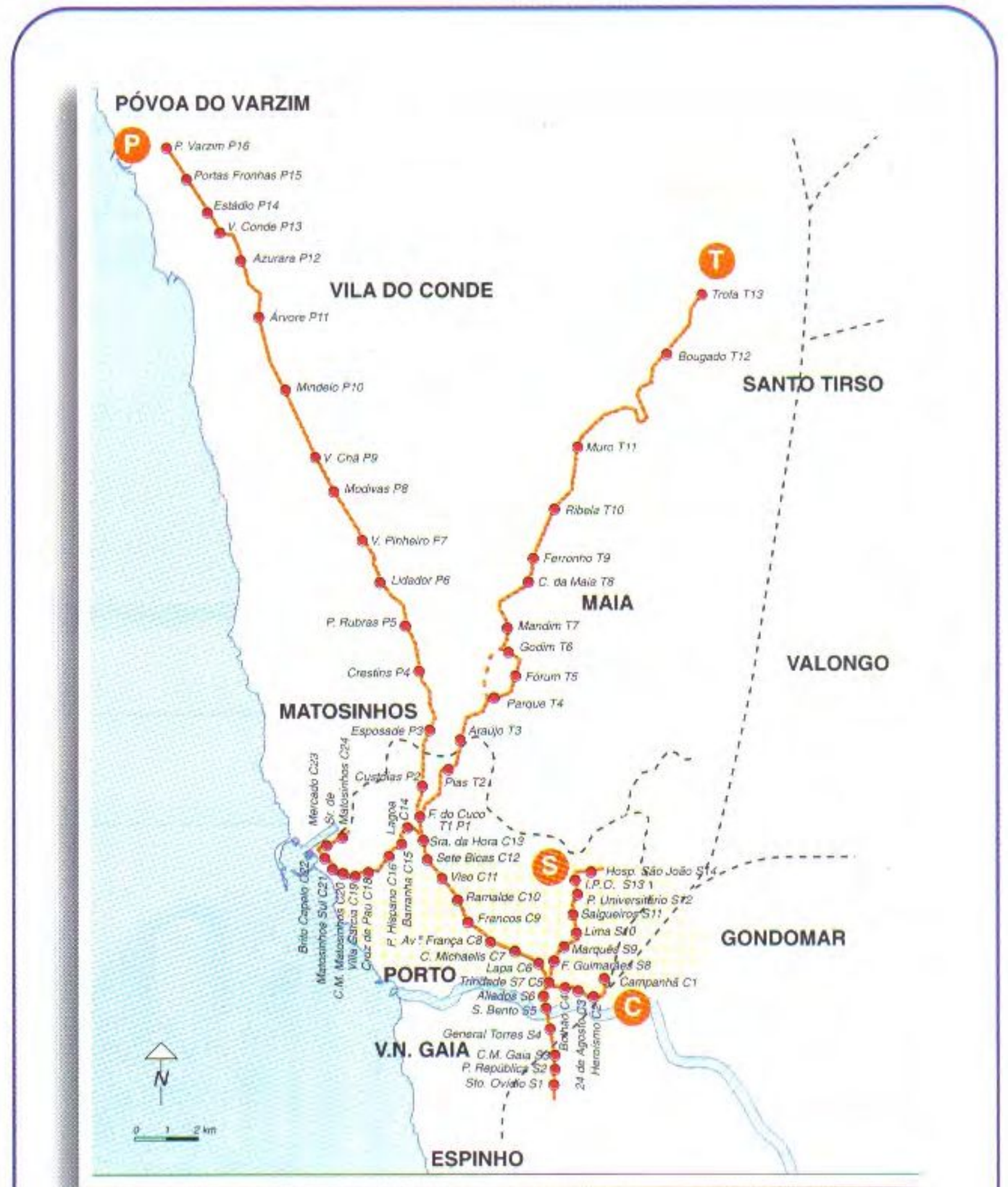
Para além da Linha C (na parte de percurso entre as Estações da Trindade e da Sra. da Hora) também as Linhas P (da Póvoa de Varzim) e T (da Trofa) aproveitam parcialmente as linhas ferroviárias já existentes.

Assim, os 70km de rede projectada, incluem a construção de 20km de linhas novas e a reconversão de 50km de linhas já existentes.

Dos 20 km de linhas novas, 13km serão à superfície e 7km serão em túnel.

A via métrica existente (Linhas P e T) será integralmente renovada, incluindo a alteração da bitola métrica para bitola standard (com um afastamento de 1435mm) e a inclusão de dispositivos anti-ruído e anti-vibrações. De igual modo, o Sistema de Metro Ligeiro previsto, de piso rebaixado, torna indispensável a substituição de toda a via e sobretudo dos aparelhos de via. As travessas de madeira existentes serão trocadas por travessas em betão e os carris, quer os de 54kg, quer os de 40kg, serão substituídos por um único tipo de carril, U50 de 50kg.

Constituem Pólos de Interface com outros sistemas de transporte público, as estações de: Campanhã, Sto. Ovídio, Trindade, Sra. da Hora e Hospital de São João.

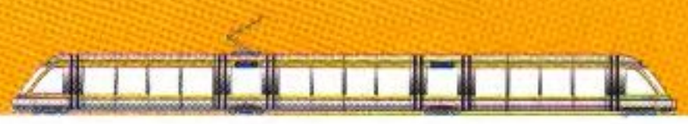


A Rede

As Oficinas de parqueamento e manutenção previstas para as zonas do Hospital de São João e da Sra. da Hora (Guifões) asseguram o apoio logístico à rede do Metro Ligeiro. Cada uma de tais Oficinas disporá de um Parque de Material de Apoio à operação de todo o Sistema. O Posto Central de Comando deverá ficar instalado junto às Oficinas da Sra. da Hora.

O Sistema projectado prevê 66 estações com um cais de 70m de comprimento e 0,25m de altura, incluindo:

- 10 novas estações enterradas;
- 19 estações à superfície, remodeladas e modern-



izadas, a partir de um mesmo número de Estações da CP, actualmente existentes;

- 37 novas estações à superfície.

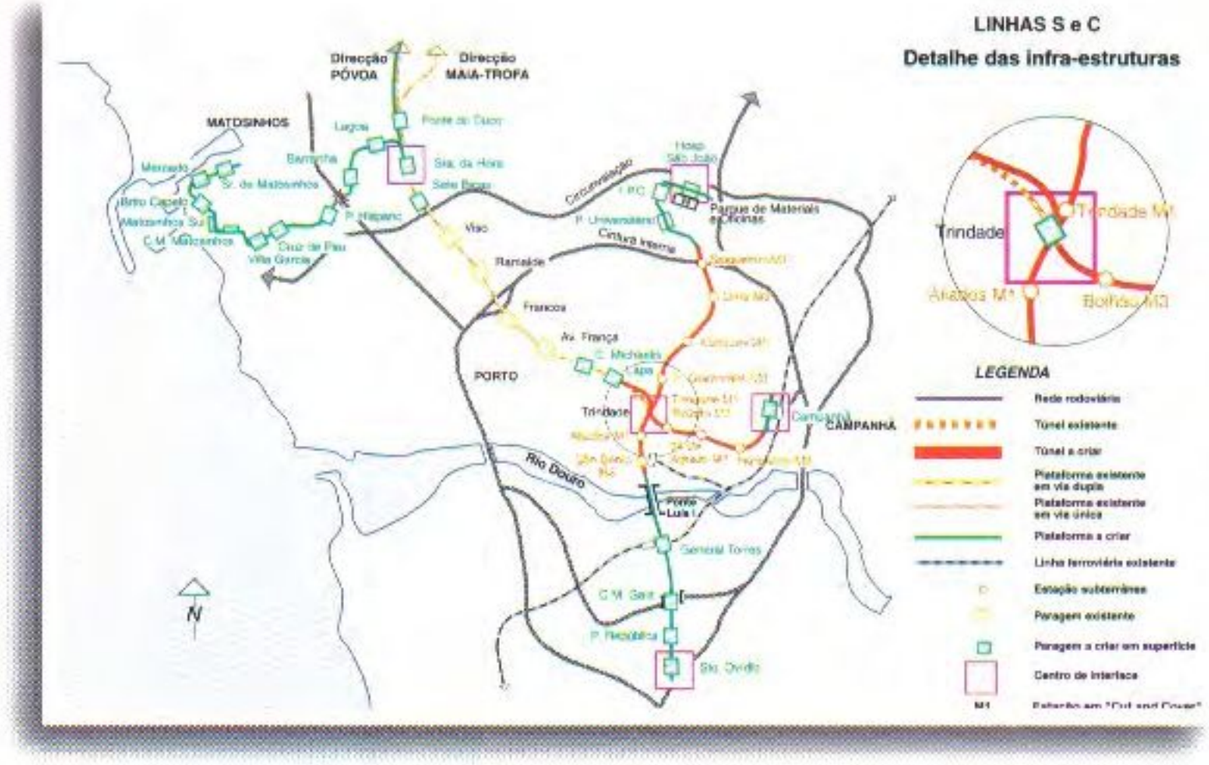
A concepção e projecto das estações deverá ter em conta a necessidade de assegurar ao utilizador uma percepção optimizada de segurança e comodidade e garantir um acesso adequado a pessoas de mobilidade reduzida, colocando à sua disposição vários meios destinados a facilitar a sua circulação.

Os principais parâmetros considerados como pressupostos dos estudos realizados para a concepção do Projecto da rede, a partir dos elementos de referência fornecidos pelo Metro do Porto, foram:

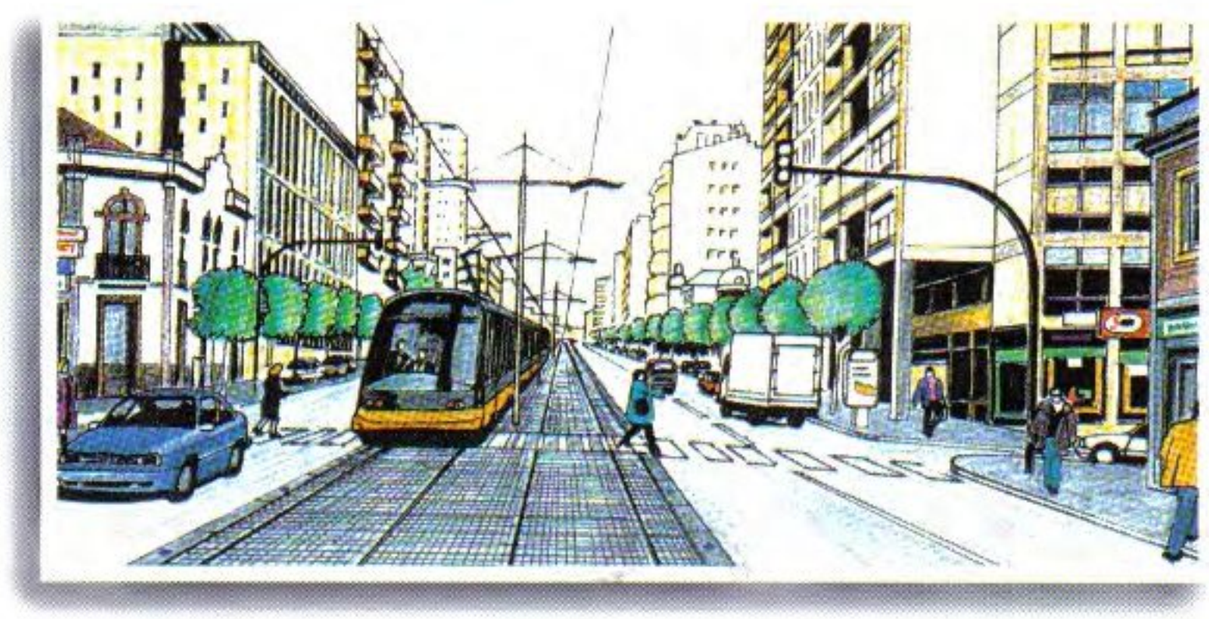
- Optimização das redes de infra-estruturas a construir e da sua interface com as existentes;
- Optimização das correspondências entre o Sistema a construir e os demais sistemas de transportes já existentes;
- Optimização da exploração.

Apresenta-se de seguida um Mapa esquemático e explicativo do modo como a rede do Metro Ligeiro projectada se insere no tecido urbano das principais vias de circulação rodoviária e ferroviária existentes, procurando realçar-se os pólos de conexão e interface entre o Metro e cada uma delas.

Para ilustração apresenta-se abaixo uma simulação, em perspectiva, de



Linhas S e C - Detalhe das infra-estruturas



Perspectiva da Avenida da República em Vila Nova de Gaia

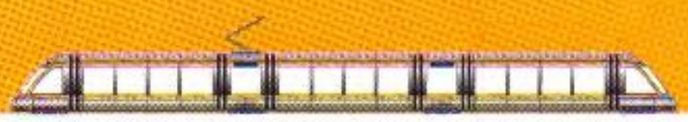
Eurotram

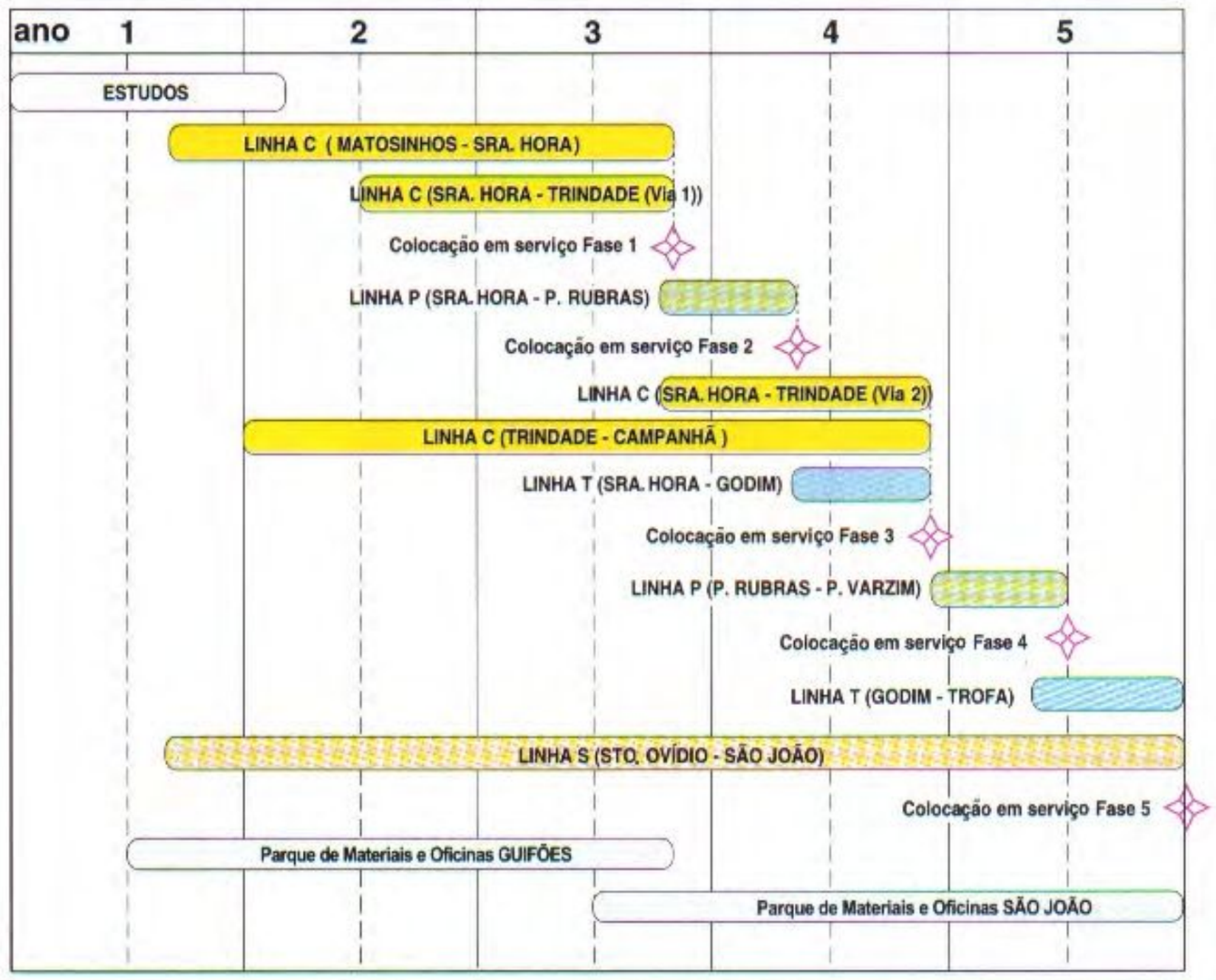
como se prevê a inserção do Sistema de Metro Ligeiro no tecido urbano. O exemplo apresentado procura esquematicamente ilustrar as diferenças entre uma perspectiva (actual) da Avenida da República em Vila Nova de Gaia, antes da inserção do Sistema, e uma simulação do aspecto que a mesma perspectiva terá, após a inserção do Metro.

No que diz respeito a material circulante, a Normetro optou por uma solução de Veículo resultante de uma adaptação optimizada do Veículo EUROTRAM, actualmente em circulação na rede de Metro de Estrasburgo (desde 1994) e cujo sucesso é uma realidade profusamente comprovada, não apenas pelos próprios habitantes daquela cidade, mas também pelos inúmeros e variados visitantes que diariamente o utilizam.

Trata-se de um Veículo de concepção ultramoderna com equipamentos electromecânicos e electrónicos de última geração.

O Veículo a fornecer terá cerca de 35m de comprimento, 2,65m de largura e 3,10m de altura e incluirá 6 portas de cada lado, com 1,35m de largura cada. Cada Veículo terá uma capacidade para 291 passageiros, incluindo 80 lugares sentados, 24 dos quais serão rebatíveis. Será equipado com um sistema de travagem triplo, de alta capacidade e uma suspensão pneumática de nivelamento automático. Sendo a respectiva plataforma totalmente rebaixada (piso 100% rebaixado a 35cm do solo), certamente propiciará um nível de conforto excepcional e uma grande facilidade de acesso, dadas as dimensões das portas.





Cronograma geral

Prevê-se que a primeira das duas vias da Linha entre Trindade e Matosinhos (esta via será dupla) entre em serviço cerca de 3 anos após o início dos trabalhos. A totalidade do Sistema ficará concluída 5 anos após o início dos trabalhos.

Apresenta-se de seguida um Cronograma sumário da execução das principais frentes de projecto (estudos) e construção, tendo essencialmente em conta os compromissos assumidos pela Normetro no que diz respeito ao faseamento de entrada em serviço das diferentes fases do Sistema (5 fases).

A Normetro será ainda responsável pela operação de todo o Sistema durante 3 anos após a data da sua entrada em serviço.

Prevê-se que, em 2010, a procura atinja cerca de 8.900 passageiros por hora e por sentido. Prevê-se ainda que o Sistema do Metro Ligeiro funcionará 365 dias por ano e 20 horas por dia e será operado por uma frota de 72 Veículos (66 para frota em operação, 3 para reserva de operação e 3 para reserva de manutenção) com um intervalo de 4 minutos entre composições.

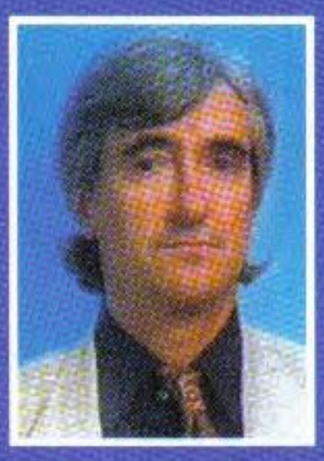
Prevê-se finalmente que o serviço de Metro Ligeiro será devidamente coordenado com outros operadores, nomeadamente a STCP e a CP.

A realização

A Normetro pretende colocar em serviço, logo que possível, novos troços, principalmente no centro da cidade, garantindo a correspondência do seu funcionamento com o sistema de transporte ferroviário actualmente existente.

METRO

OBRAS ENTERRADAS Tecnologias Construtivas



ENG. MARCO GRINOVERO
Director Técnico da Transmetro

Introdução

Nas previsões de médio/curto prazo, com implicações e impactos sociais, o conceito da infra-estrutura de transporte do projecto do Metro Ligeiro assume papel prioritário no desenvolvimento do transporte público no interior da área de alta densidade urbana do Porto e ligação com a envolvente periférica de um dos pólos industriais mais avançados do país.

Nesta visão, os aspectos de detalhes construtivos aparecem com relevância quase secundária, acabando por ser os instrumentos para chegar a uma nobre finalidade; mas eles não pertencem a uma perspectiva limitada dado que, ao contrário, a realização operativa deste projecto colide e interfere inevitavelmente com a realidade de todos os dias de uma cidade que acabará por conviver e compartilhar - em forma directa ou indirecta – esta realidade.

Deixamos de lado neste artigo comentários sobre os conceitos gerais e as bases da ideia deste "sistema" que – por outro lado – se insere numa visão mais ampla que é o princípio de "sistema de transporte" de toda uma área envolvente à cidade do Porto, e que inclue, na sua formulação mais completa, sistemas de comunicações públicas e privadas, rodoviárias e ferroviárias; vamos limitar-nos, nestas circunstâncias, apenas a breves notas de metodologias construtivas.

O processo geral que leva à definição das escolhas técnicas (e com esta palavra incluimos conceitos operativos, de projecto, de faseamento, económicos, programáticos) segue um desenvolvimento muito amplo, a partir das análises das condições iniciais conhecidas até à síntese de várias alternativas, para chegar à opção final.

Não se trata de listar um único percurso predefinido para identificar todas estas fases; certo é que a sequência lógica tem origem em conceitos de "funcionalidade" do sistema e do "aspecto social" deste, ou seja , da proposta de uma solução "atractiva", com oportuna "inserção" no tecido urbano e pontos de referência (as estações) aptas a recolher as exigências de fluxo previstas.

Isto tem como primeira consequência, por um lado o aspecto de arquitectura funcional das estações (que representam mesmo o interface imediato entre o ambiente social urbano e a exploração de um novo sistema metropolitano de transporte), e por outro lado o traçado das linhas (e aqui nos referimos só ao caso das linhas enterradas) com a respectiva tipologia.

Túneis

Existe, a montante de todo este processo, um princípio de fluxo de passageiros: isto determina uma sequência de aproximação sucessiva, com a definição do tipo de veículos (capacidade), velocidade e frequência. A tipologia do meio de transporte (e por consequência as

dimensões) têm influência sobre a secção do túnel e a velocidade condiciona o raio mínimo do traçado (conforto para os passageiros); a capacidade que determina o número de carruagens e o comprimento do comboio é o parâmetro que define a extensão das estações, cujas localizações condicionam (juntamente com outros eventuais fortes obstáculos subterrâneos) o traçado.

As variáveis em jogo são muitas, e só a optimização de um compromisso entre elas permite o resultado adequado da futura exploração com as exigências requeridas.

Aqui podemos inserir os aspectos mais estritamente técnicos, ou sejam as opções construtivas do traçado em túnel.

- escolha entre um túnel simples de duas vias (com vantagens programáticas, inferências menores com os serviços afectados, codições geologicas melhores) ou dois túneis de secção menor (com níveis menos profundos e, por conseguinte, estações enterradas mais acessíveis e de menor custo de construção).
- escolha do método construtivo: para isto, os considerandos são as condições geológicas e hidrogeológicas do solo, a geometria do traçado, o faseamento mais oportuno, os custos, os prazos, as interferências com o ambiente externo (vibrações, assentamentos na superfície), experiências da empresa construtora e recursos disponíveis.

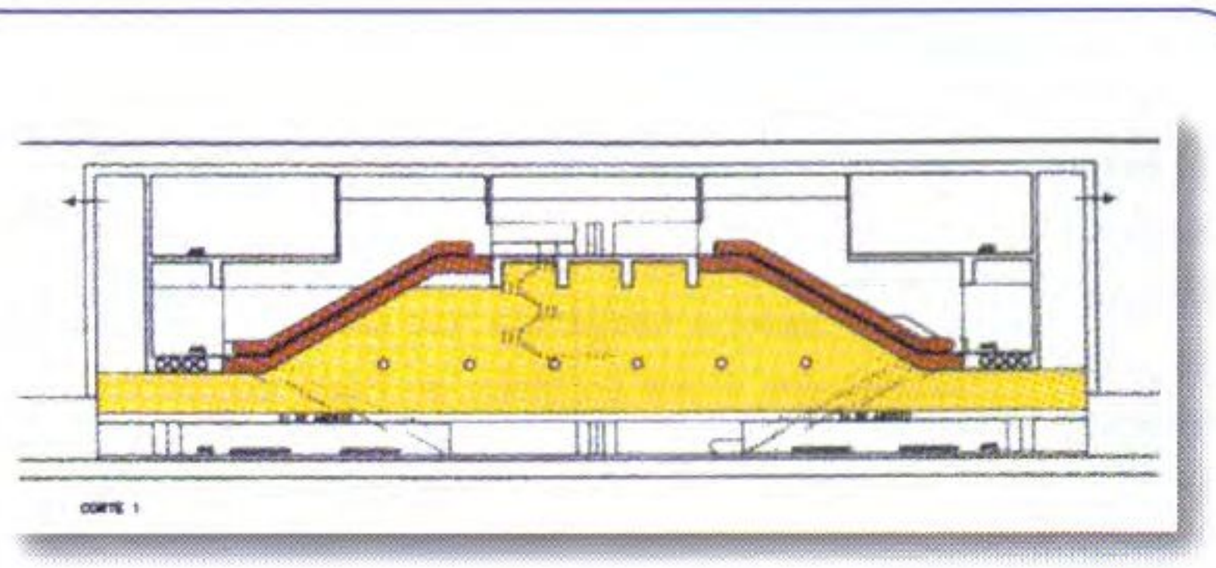
No caso específico do Porto, isto levou a um processo de análise em série: primeiro entre o sistema austríaco (NATM) ou com tuneladora, depois entre a tuneladora pontual e a tuneladora de secção total, seguidamente, entre a tuneladora aberta ou com escudo e finalmente entre a tuneladora tipo Hydroshield ou tipo EPB (Earth Pressure Balanced).

Sem entrar nos aspectos específicos das diferenças entre os dois modelos de tuneladoras indicadas, apenas referimos que a aplicação dos parâmetros geotécnicos (em sentido amplo) e programáticos às características dos dois diferentes tipos de máquinas, levou à escolha final de um modelo EPB.

Sendo uma máquina construída especificamente para este projecto, a tuneladora que será utilizada na construção dos túneis do Metro do Porto desenvolve, em pormenor, uma série de processos que tem como objectivo a aplicação das últimas experiências e tecnologias, a este caso específico. Neste sentido, a tuneladora será uma EPB equipada com elementos que, de forma parcial, permitem eventualmente trabalho em condições semelhantes às da tuneladora hydroshield; isto, para garantir a mais larga "cobertura" geológica e "flexibilidade" operativa, condições unanimemente estimadas como indispensáveis para obter bons resultados no subsolo do Porto.

O processo construtivo, não se limita só à fase de escavação, mas inclui a globalidade das operações de construção do túnel; não podemos esquecer, por exemplo, outro aspecto fundamental deste estudo, nomeadamente a necessidade de uma contínua monitorização (a partir do conhecimento específico das condições iniciais) e da verificação – metro a metro – da veracidade das hipóteses de cálculo, num processo de comparação diària entre as previsões e a realidade, continuamente verificada.

Sem entrar nos pormenores de equipamento da máquina, limitar-nos-emos a referir que é constituída basicamente por uma parte anterior, destinada ao próprio trabalho (com uma dezena de metros de comprimento) e uma parte posterior "back-up" (de 65m aproximadamente) que inclui todos os equipamentos de assistência à funcionalidade electromecânica do conjunto. Trata-se de uma unidade de mais de 5000 kW que desenvolve um avanço médio de 10 metros por dia, trabalhando em turnos contínuos, sem parar nos fins da semana. Escavará um túnel de 8,70 metros de diâmetro (retirando o material de escavação a jusante, por meio de um tapete rolante, o qual será estendido desde o portal de entrada ao túnel até à tuneladora, num máximo de 2,5km).



O revestimento será constituído por anéis pré-fabricados de betão de sete elementos, um deles de pequeno desenvolvimento (a "chave") a ser instalado como última peça para o fecho do anel. Trata-se de aduelas "universais", ou seja o conjunto delas é sempre o mesmo, mas através de uma diferente sequência circunferencial será possível obter qualquer curva planoaltimetrica do traçado. O anel assegura a perfeita estanquidade até mais de 3 bares de pressão e será montado pela tuneladora utilizando-se para isto simples peças conectoras que garantem rapidez e segurança numa montagem eficaz. Em conjugação com o avanço da tuneladora também está previsto,o enchimento com argamassa duma coroa de 15 cm de espessura, entre o solo escavado e o extradorso do anel das aduelas de betão.

Em conclusão, podemos dizer que a operação de "construção" do túnel (evidentemente com a exclusão das etapas seguintes de acabamento, montagem de via e das infra-estruturas electromecânicas) será concluída, quer no espaço , quer no tempo, numa pequena área de operação. Trata-se da etapa conclusiva de demoradas fases de estudo e de projecto que, a partir também de experiências adquiridas em trabalhos anteriores, permitem mecanizar e homogenizar todas estas actividades segundo critérios de eficácia, segurança e qualidade.

Estações enterradas

Notámos anteriormente os princípios e critérios condicionantes que determinam o bom funcionamento do futuro sistema de transporte do Metro do Porto: claramente no caso das Estações, estes parâmetros são mais amplos e complexos.

É efectivamente nas estações que se manifesta de forma mais aguda a relação entre o metropolitano e o meio urbano envolvente, através da utilização que os passageiros fazem delas.

Há então necessidade de considerar, nos respectivos projectos, aspectos ligados à urbanística, ao impacto ambiental, à estética, aos serviços, às razões sociais, etc..

Repetindo princípios semelhantes já enunciados para os túneis, neste caso um diagrama de fluxo que condiciona a solução técnica final tem que começar pela "funcionalidade" que determina o lay-out geral. Obtemos assim a geometria a nível de arquitectura funcional, cujos dados fundamentais a concluir são:

- Nível inferior (ligado ao nível do plano de rolamento dos carris).
- Locais técnicos para instalações eléctricas e mecânicas fixas, salas de comando, sistema de telecomunicações, ventilação normal e de emergência, sistema de evacuação de fumos, bombagem, força motriz no túnel, iluminação e abastecimento de electricidade da estação, sistema de bilhética, detecção e combate de incêndios.
- Comprimento mínimo e largura dos cais
- Dimensões de escadas, elevadores, escadas rolantes, corredores e áreas de acesso, espera e trânsito.

Os dois primeiros estão relacionados com os veículos ferroviários e instalações electromecânicas; os dois últimos com os passageiros nos picos actuais e futuros.

A etapa seguinte da elaboração do projecto diz respeito à inserção urbana da estação. Este aspecto deverá ser analisado não só sob a vertente definitiva, com a

estação em funcionamento, como também na provisória, durante a construção.

No que diz respeito à fase definitiva, há que atender a critérios fundamentais como o de "sensibilidade e de "atractividade" para o sistema, e de interface com outros sistemas de transporte (comboios, autocarros, eléctrico e parques para viaturas privadas). Apresentando isto de uma forma prática, uma vez que seja definida a implantação adequada da estação, trata-se de fixar apenas a localização, o número e as dimensões dos acessos externos.

Outra questão por vezes vinculativa é a ocupação das áreas durante a fase construtiva. Se as condicionantes nesta vertente são reduzidas e ao mesmo tempo a profundidade a ser atingida não é excessiva, o projecto será orientado para soluções de tipo "cut & cover", com certeza de execução mais simples e rápida e em geral menos dispendiosa; caso contrário, serão escolhidas estações mineiras, globalmente e em princípio mais onerosas e de mais lenta execução, mas que apresentam a vantagem de limitar o impacto com a superfície apenas aos poços de acesso em "cut & cover", obviamente de dimensões mais reduzidas.

Uma vez definido tipo, forma e geometria da estação, começa a fase estritamente de projecto, que tem assim de conciliar os aspectos de funcionalidade com as condições geotécnicas e hidrológicas analisadas caso a caso, sem esquecer as sequências das fases e os métodos construtivos, que obviamente (pelo menos quando se define os aspectos de pormenor) também condicionam o projecto.

Antes de entrar no detalhe da descrição das estações do tipo "cut & cover" e mineiras, é indispensável referir aqui a relação programática e operativa entre as estações e a passagem da tuneladora. É evidente que em termos gerais é mais conveniente que a estação esteja escavada antes da passagem da máquina, por várias razões, de que se podem citar as principais:

- Escavação da estação sem a limitação de aduelas a demolir e várias condicionantes no faseamento da mesma escavação;
- Autonomia programática entre a construção da estação e a passagem da máquina;
- Evitar qualquer interferência entre os trabalhos na estação e o conjunto de serviços complementares da tuneladora a jusante (tapete, meios de serviços para transporte das aduelas, da argamassa, do pessoal, etc.);
- Possibilidade de acesso à frente do escudo para troca de cortantes.

A única desvantagem inerente a esta metodologia tem a ver com a quebra de ritmo de avanço da tuneladora, com uma partida adicional no final da estação.

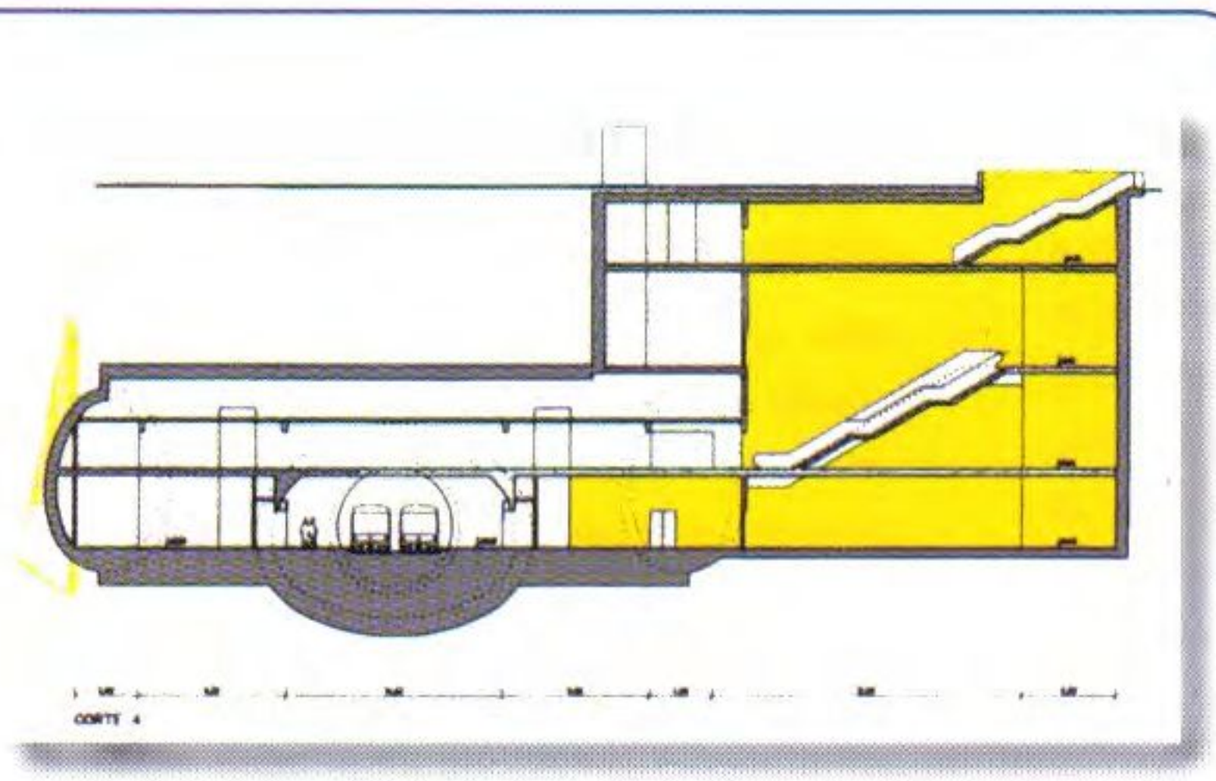
Qualquer que seja o processo adoptado, este deverá ser relacionado com a interferência física dos betões da estação, quer estruturais (a laje de fundo) quer secundários (os cais), os quais não podem ser concluídos até à passagem da tuneladora.

De qualquer forma, o aspecto principal a ter em conta é o avanço da tuneladora, que é fixo e rígido, e consequentemente a sequência construtiva das estações tem que ser adaptada a esta condicionante principal.

Estações Cut & Cover

Referimos atrás como aspecto importante para a realização da obra a disponibilidade de espaço à superfície (em fase provisória) na zona de implantação da estação. Concretizando esta ideia, as condições reais existentes no local determinam uma escolha, apenas construtiva, conforme a disponibilidade da área superficial:

- se a afectação de espaços puder ser possível em prazos relativamente mais longos (1 a 2 anos), optar-se-á pelo método de escavar por dentro da contenção periférica, caso exista, em toda a profundidade da estação e só depois da conclusão da escavação executar os betões estruturais (lajes, escoramentos definitivos e vigas) de baixo para cima. Na gíria, este método de execução é conhecido por "Bottom-up".



- no caso das condições de superfície terem de ser reconstruídas quase de imediato, será escolhido o faseamento construtivo conhecido por "Top-down": executa-se numa primeira fase a laje superior, o que neste caso implica obviamente a execução da contenção periférica que lhe serve de apoio, e em seguida executa-se a escavação por baixo desta laje. A mesma operação pode ser repetida em cada uma das lajes intermédias, até se atingir a cota do fundo.

Este último, é um método bastante mais complexo, porque o acesso para pessoal e equipamento e a evacuação dos materiais sobrantes é mais difícil (feita através de aberturas nas lajes), ou seja menos flexível e mais moroso, e além disso a escavação é mais perigosa e delicada.

Das várias soluções técnicas e métodos executivos envolvidos na construção das estações enterradas, merecem ser citadas nesta nota às de escavação e contenção periférica.

Para efectuar contenções verticais no caso das unidades geotécnicas C1, C2, D1 e D2 (onde são dominantes as percentagens de granito alterado), será adoptado um de dois métodos básicos: paredes moldadas ou estacas. As espessuras e diâmetros e as quantidades de armaduras serão determinados pelos parâmetros geotécnicos e geométricos (distância entre escoramentos ou ancoragens), mas serão também ou-tros factores de carácter executivo que determinarão as escolhas da solução. A título de exemplo:

- a possibilidade de encontrar bolas de granito são no seio do granito alterado, preconiza a execução de estacas como processo mais simples, ou aconselha uma maior espessura das paredes moldadas (>800mm);
- a posição elevada do nível freático leva à opção preferencial por paredes moldadas com junta vertical em PVC entre os painéis, em detrimento das estacas, tangentes ou secantes. Estas têm que ser completadas com betão projectado internamente durante a escavação, aplicação de geodrenos para rebaixamento do nível freático juntamente com sistema de tubos de drenagem interior, micro-estacas ou cortinas plásticas de impermeabilização exteriores;
- a disponibilidade de espaço para estaleiro à superfície, pode ainda aconselhar a opção pelas estacas, bastante menos exigente em relação à montagem de armaduras;
- os métodos e equipamentos existentes no mercado local ou mais frequentemente utilizados, porque implicam uma maior experiência na aplicação ao caso real, podem também determinar as opções de projecto;
- como último exemplo (e sempre) os critérios de economia e de prazos de execução.

No caso de terrenos (rochas) de tipo A1, A2 e B, pode ser suficiente em fase provisória uma protecção das escavações com o sistema berlinês, ou com pregagens, betão projectado e rede electro-soldada.

Nos casos de condições geológicas mistas, que são os mais comuns devido à profundidade das estações, haverá necessidade de atravessar níveis mais alterados

próximo da superfície, encontrando-se formações mais duras por baixo destes. Nestes casos, adoptar-se-à uma das soluções seguintes:

- paredes moldadas em toda a altura (há que atender, neste caso, ao facto da utilização eventual de hidrofresa nas formações mais duras implicar problemas delicados de prazo e custo);
- estacas em toda a altura (preferencialmente executadas com martelo de fundo de furo);
- paredes moldadas, ou estacas, ancoradas na rocha sã (solução válida apenas no caso de ser possível levar esta contenção até ao nível da laje de fundo, que lhe serve de escoramento inferior);
- paredes moldadas (ou estacas) no atravessamento das formações mais brandas, complementada com a realização de micro-estacas de grande diâmetro (perfis ou tubos metálicos) no substrato rochoso. A ligação será consolidada por ancoragens activas longas, e inferiormente, proceder-se-à à escavação do terreno envolvente dos perfis, executando a parede de recalçamento definitiva com betão armado pregado.

Todas estas soluções são tecnicamente aceitáveis, mas será adoptado caso a caso a que melhor se adapta às condições reais de execução. Para isto, é fundamental o profundo conhecimento geológico do local, mas também os aspectos técnicos, económicos e operacionais ligados com os subempreiteiros especializados.

Estações mineiras

Cada uma destas estações está localizada em áreas fortemente urbanizadas onde seria impensável efectuar escavações de grandes dimensões a partir da superfície. Optou-se então por realizar nestes casos poços de acesso com as dimensões adaptadas à reduzida disponibilidade temporal das superfícies adjacentes.

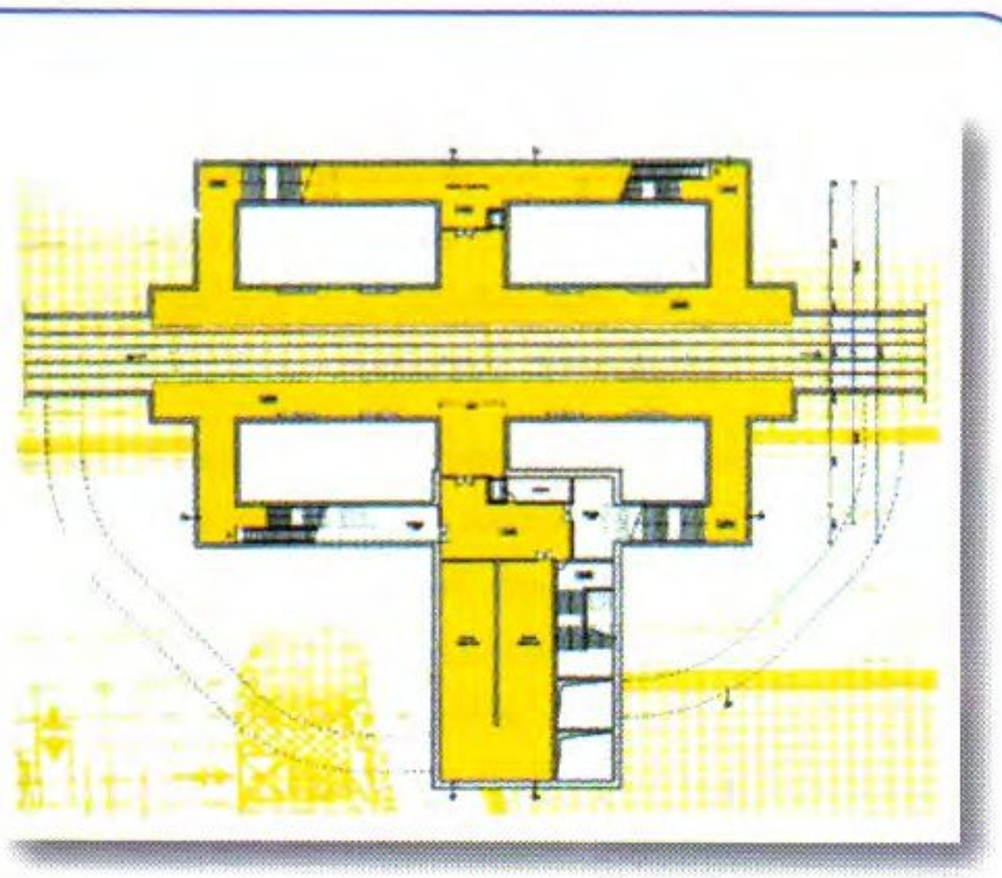
Na execução destes poços de acesso, mantêm-se válidos os critérios atrás definidos para as estações em "Cut & Cover", com a única diferença de, neste caso, ser preferível a utilização de escoramentos em detrimento de ancoragens, pelo facto de as paredes paralelas se apresentarem bastante mais próximas e ainda evitar o risco da interferência das ancoragens com eventuais infraestruturas existentes.

Outra situação relevante neste caso, devido à proximidade dos edifícios existentes, é o eventual assentamento da superfície envolvente. Tendo em conta que, nestes casos, os valores máximos de assentamento aceitáveis andam à volta de 1cm, é importante adoptar tipos de contenções pouco deformáveis, evitando soluções teoricamente aceitáveis e economicamente preferíveis, como por exemplo paredes do tipo Berlim com ancoragens, mas que se revelam desadequadas pelos motivos indicados.

As estações mineiras propriamente ditas são constituídas por uma galeria principal e galerias secundárias (para peões, de acesso, de escadas, de ventilação), sendo os princípios funcionais e geométricos de todas as estações idênticos entre si. As diferenças revelam-se ao nível do faseamento pormenorizado da escavação, do seu suporte provisório e da betonagem do revestimento final. É evidente que, neste caso, os problemas a serem enfrentados e os métodos para os resolver, dependem essencialmente das condições geológicas do solo ou rocha a atravessar.

Todos os trabalhos serão realizados pelo método NATM (Método Austríaco) que consiste essencialmente numa intervenção em duas fases:

- a primeira, a curto prazo, consiste na realização de uma protecção provisória (pregagens; betão projectado) que permite deformações na rocha e consequentemente consente uma redistribuição de tensões que colabora no suporte. A única dificuldade, a ser avaliada, analisada e controlada, consiste no assentamento da superfície durante o período provisório de execução;
- A segunda fase consiste na realização do revestimento definitivo, destinado a absorver esforços com ocorrência a longo prazo.



Faseamento de escavação

Em geral (a partir do poço de acesso), o início da escavação é realizado através da galeria de peões, situada normalmente no meio e transversalmente à galeria principal da estação. Nesta galeria principal trabalha-se em duas frentes desfasadas, iniciando os trabalhos na segunda frente quando o avanço de um dos lados alcança 15 a 20 metros. Consegue-se desta forma uma redistribuição mais homogénea das tensões na parte central da galeria e consequentemente uma maior resistência no suporte provisório.

Na secção da escavação o avanço é realizado em três frentes (abóbada, bancada e soleira), com o auxílio de explosivos nas zonas em que dominem as unidades A1/A2 e mecânica (martelo hidráulico/escavadora) em presença de terrenos mais brandos.

É fundamental, devido à grande dimensão da galeria, o controlo da frente para obviar assentamentos superficiais, o que se consegue realizando pequenos avanços, da ordem de 1 m na abóbada, 2 m na bancada e 4 m na soleira, dimensões estas obviamente definidas pela características geotécnicas do estrato atravessado.

Medidas de suporte

O revestimento primário será realizado essencialmente, através da combinação de três tipos básicos de solução, obtendo-se um vasto leque possível de ser adoptado com estas combinações:

- Betão projectado e malhas electrosoldadas
- Cimbres de aço
- Cavilhas de ancoragem

Além destes, prevê-se a necessidade em alguns casos de utilizar em avanço na frente de escavação sistemas mais potentes de suporte, como varões de aço, tubos e/ou pranchas metálicas, que, dispostos ao longo do perímetro da escavação e longitudinalmente, permitem o avanço em zonas de maior dificuldade de sustentação, até ser realizado o revestimento em betão projectado. Designa-se esta técnica por "forepoling".

Existe ainda a alternativa, para situações pontuais, de complementar estes meios com a utilização de técnicas mais elaboradas como, por exemplo, a realização de colunas sub-horizontais de "jet grouting".

Evidentemente, também neste caso não é só a estabilidade da escavação que tem que ser controlada e garantida, mas também os assentamentos superficiais com especial cuidado para o tipo de edifícios existentes na superfície.

O VEÍCULO uma referência na Área Metropolitana do Porto

Eng. MESQUITA RAMOS
Assessor da Administração
Adtranz Portugal

As primeiras impressões do veículo

Num sistema de metro ligeiro de superfície, o veículo representa a sua parte mais visível, digamos mesmo a mais sentida.

Na verdade, enquanto todas as outras partes do sistema são estáticas, só as vendo quem por elas passar ou estiver próximo delas, o veículo, pelo contrário, passeia-se pelas ruas, mostrando-se a toda a gente. De frente, de trás, dos lados, por cima, em todos os ângulos. Daí, e não só, os cuidados que foram postos no veículo deste projecto, um EUROTRAM, com algumas evoluções a partir dos de Estrasburgo e de Milão.

Logo que o veículo aparece, desenha-se uma primeira imagem do mesmo, inicialmente dominada pelas suas cores, a sua combinação, a estética e o design. A seguir, há a percepção da silenciosidade com que se aproxima, parecendo quase deslizar sobre os carris, tão próximo deles se desloca a sua plataforma 100% rebaixada. É o momento em que nos apercebemos das enormes superfícies envidraçadas ao longo de todo ele, permitindo reconhecer facilmente os seus passageiros, como que dialogar visualmente com eles. É bem apreciado pelas gentes do Norte tudo o que promove a convivência e a comunicação entre as pessoas. Daí também, a insistência nas janelas bem rasgadas e nas 6 grandes portas de cada lado do veículo.

Mas é ao entrar nele que mais se valoriza o seu piso rebaixado, praticamente ao nível das plataformas, sem degraus, garantindo um acesso verdadeiramente fácil, mesmo a qualquer pessoa de mobilidade reduzida, com cadeiras de rodas, carrinhos de bebé ou das compras, ou noutras situações. Neste particular, o Eurotram foi o primeiro veículo de piso integralmente rebaixado a ser utilizado em redes de metro ligeiro. As grandes vantagens deste tipo de solução explicam a tendência da sua adopção, cada vez mais generalizada, e já não só neste tipo de veículos ferroviários, como até nos autocarros: maior facilidade, comodidade e segurança de entrada, saída e circulação dos passageiros, menores tempos de paragem nas estações e portanto maiores velocidades comerciais, melhor ocupação dos veículos, maior facilidade de limpeza diária.

O amplo espaço interior, com uma decoração cuidada e com a temperatura ideal proporcionada pelos sistemas de ar condicionado instalados, permite então que os seus passageiros se distraiam com tudo o que se passa à sua volta no seu percurso, pois, efectivamente, mais uma vez, as enormes superfícies envidraçadas que os cercam a isso convidam. Certamente que muitos de nós passarão a apreciar melhor o que realmente existe em muitas das zonas que vão ser servidas pelo traçado.

Quando o veículo arranca, a par da sensação de uma aceleração eficaz e bem controlada, os passageiros

apercebem-se então da suspensão macia que o veículo possui. É o resultado da conjugação de rodas resilientes independentes com uma suspensão primária de borracha e uma suspensão secundária pneumática autonivelante, para qualquer situação de carga.

Os cuidados postos na redução de ruído para o exterior não podiam ficar por aí. E a constatação de insonorização interior é imediatamente feita pelos próprios passageiros, logo que se inicia a marcha.

Mas há outras características importantes, como a segurança das pessoas transportadas, à qual foi dada também a maior atenção. Câmaras de vídeo instaladas no interior dos salões de passageiros, com a possibilidade de registo de imagem a partir da cabine do condutor, a não-existência de quaisquer degraus ao longo do piso de todo o veículo, as 12 portas de 1,35m (duas de cada lado de cada salão de passageiros) uniformemente distribuídas, a possibilidade de imobilização das cadeiras de rodas ou carrinhos de bebé no interior do veículo, o amplo corredor e a grande visibilidade de todo o interior, são alguns dos principais aspectos a referir a tal respeito.

Falando agora daquilo que constitui cada vez mais uma das principais qualidades desejadas e valorizadas por quem pretende utilizar um meio de transporte, a pontualidade, não podemos deixar de salientar a satisfação que terão todos os utilizadores do Metro do Porto ao verificá-la ao minuto. É que, graças às características do veículo e à forma como é integrado no seu próprio sistema, e este nas malhas das restantes vias de comunicação, é possível garantir a total satisfação dos horários previamente estabelecidos para todas as paragens. Não mais será preciso contar com margens de segurança, porque é hora de ponta, porque há muita circulação, porque é sexta-feira, ou outra razão qualquer das que nos fazem hoje tomar tais precauções se queremos garantir horários. É que as vias segregadas em que o veículo circula e a prioridade semafórica nas zonas de interferência com outras linhas de tráfego com que o sistema foi concebido, permitem eliminar as contingências que naturalmente resultam das situações em que tal se não verifica. Todos os percursos podem assim ser programados sem quaisquer indeterminações resultantes de conflitos de tráfego, ou seja, exclusivamente à base dos elementos relativos ao próprio sistema.

E para uma maior garantia de que cada passageiro não correrá o risco de não sair na paragem que pretendia, há todo um conjunto de informações visuais e acústicas, essencialmente constituído por 12 paineis de representação esquemática da origem, destino e paragens da composição, 2 indicadores de paragem bi-facial colocados no tecto e um sistema de difusão automática de informações sonoras digitalizadas, permitindo também a comunicação do condutor com os passageiros e destes com aquele.

Quando se aproxima então o momento da paragem, devidamente assinalada e anunciada, entram em acção os sistemas de frenagem. Primeiro, o sistema de frenagem electrodinâmico com recuperação/dissipação de energia. A partir da redução da velocidade para valores da ordem dos 5km/h, dá progressivamente lugar à intervenção do sistema de frenagem electro-hidráulico, que actua até à imobilização do veículo. No caso de uma frenagem de emergência, se necessário, intervém então o freio de patins electromagnéticos. Há ainda um freio de estacionamento.

Outros aspectos de interesse

Para além do que foi referido, directamente ligado com as primeiras impressões e sensações que o veículo provocará, há mais um conjunto de características que, sem entrarmos ainda na especificidade e complexidade da sua avançada tecnologia, merece ser apontado.

Comecemos pela estrutura modular adoptada. Ela constitui a forma mais racional da composição dos veículos face ao sistema e condições de operação pretendidos. O conjunto que foi previsto é constituído por 2 cabines e 5 módulos de passageiros (3 salões e 2 módulos de intercomunicação). Todos os módulos são articulados entre si.

Uma das grandes vantagens deste tipo de construção articulada utilizado é o do aumento do espaço interior para um determinado gabarit. Foi assim possível adoptar veículos com uma largura de 2,65m, elevando a sua capacidade para 291 passageiros (unidades com os 7 módulos acima referidos, para 6 pass./m2).

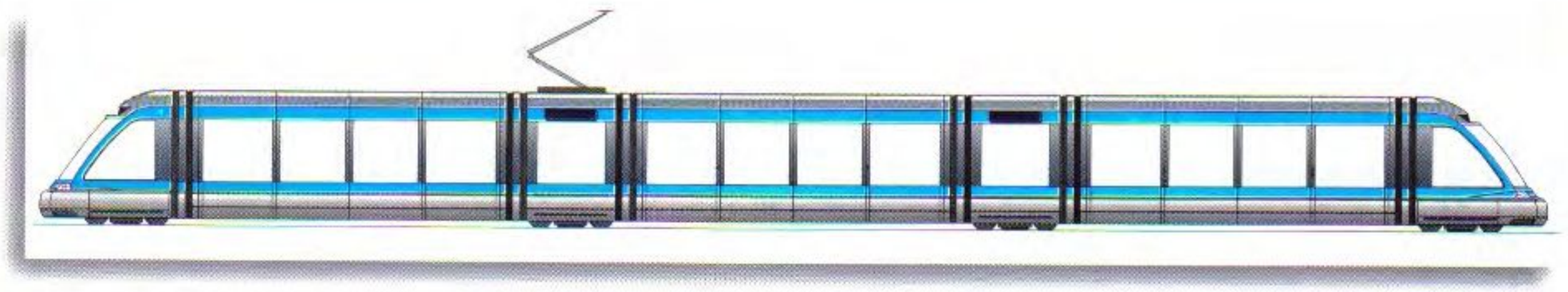
Dos 80 lugares sentados, 24 dizem respeito a bancos rebatíveis, flexibilizando assim o binário capacidade / comodidade relativamente à procura, de forma prática e instantânea.

Os veículos, com um comprimento de cerca de 35m, são bidireccionais, possuindo em cada extremidade um acoplamento automático que, por razões de estética e segurança, é escamoteado. Permite a fácil constituição de unidades duplas para responder da forma mais eficaz às situações de maior procura.

Pela forma como foi concebido este tipo de veículo nas suas múltiplas vertentes, o seu rendimento operacional (número de passageiros que transitam numa paragem) é mais de 50% superior ao dos veículos correntes utilizados nestes sistemas de transporte com apenas 4 portas de cada lado e piso parcialmente rebaixado.

Dos 4 bogies, 3 são motores e 1 reboque. Nos bogies motores, cada roda possui o seu motor trifásico refrigerado a água – o que, a par de uma boa redução do seu volume, constitui a melhor solução para a redução de ruído.

Conversores de tecnologia IGBT, refrigerados a água, transformam a corrente contínua da rede de 750V na corrente trifásica desejada.



A redundância dos sistemas fundamentais do EUROTRAM permite uma operação com um grau de disponibilidade do material circulante verdadeiramente excepcional e com a máxima segurança.

A condução do veículo é facilitada pelo sistema de comunicação instalado, garantindo ao condutor um diálogo com a Central de Comando, e com os passageiros, e a recepção de mensagens sobre a eficiência do equipamento eléctrico.

Os sistemas computorizados integrados de comando, controle e diagnóstico instalados permitem uma gestão verdadeiramente optimizada do veículo, contribuindo igualmente de forma importante para uma manutenção eficaz.

Para a concepção, fabricação, montagem, ensaios e operação destes veículos, é tida em conta a metodologia designada por RAMS (Reliability, Availability, Mantainability, Safety) desenvolvida pela NASA. Ela constitui o processo mais avançado de maximização das performances e sua garantia durante o ciclo de vida dos equipamentos que é de 30 anos, com excepção dos componentes electrónicos, para os quais é de 20.

A estrutura dos veículos é revestida exteriormente por paineis de uma resina adequada reforçada com fibra de vidro, de fácil e rápida substituição.

Interiormente, são utilizados materiais correspondentes às normas de segurança existentes (de resina fenólica, nomeadamente) mas de forma a conseguir-se uma decoração agradável, conforto e fácil limpeza e manutenção.

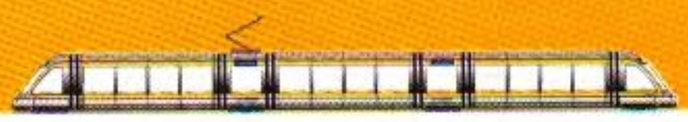
Também os convencionais retrovisores são aqui substituídos por um sistema diferente, à base de câmaras vídeo integradas num circuito fechado de TV, e que permite executar 4 filmagens em simultâneo.

Relação com a Área Metropolitana do Porto

As alusões feitas nos dois capítulos anteriores ao veículo que circulará nesta nova rede de transportes da AMP, sem qualquer pretensão de uma abordagem técnica mais ou menos abrangente, têm antes a intenção de salientar e suportar aspectos e sensações que ao mesmo vão atribuir os que o virem e o utilizarem.

O EUROTRAM desta nova geração pretende ser um elemento verdadeiramente revolucionário na zona que vai servir, no que respeita a hábitos de transporte. Constituindo a peça mais notada de um conjunto, que é o sistema de que faz parte, vai seguramente contribuir, por adesão espontânea dos seus utentes, para uma maior racionalização e qualidade dos transportes na Área Metropolitana do Porto. Claro que será onde existem maiores deficiências em relação a tais aspectos que mais apreciável e apreciada será a mudança. Há contudo que contar com complementaridades do sistema (como os interfaces, nomeadamente para o transporte individual) sem as quais se não atingirão os objectivos mais ambiciosos a tal respeito.

Pelo conhecimento directo de toda a zona de implantação deste metro ligeiro de superfície, e tendo em



conta a problemática dos seus transportes no seu contexto actual e futuro, arrojámo-nos a propor para o sistema, quando surgiu o projecto, um veículo de vanguarda resultante da evolução do que possuíamos e considerávamos de mais moderno e de sucesso comprovado: o EUROTRAM de Estrasburgo. E o nosso juízo a seu respeito foi bem confirmado quando, em 1996, o seu sistema, em concurso com os das restantes cidades francesas, é elegido como o melhor de França. No final desse mesmo ano, mas já então a nível europeu, foi-lhe atribuído o prémio do melhor transporte público das 34 cidades dos 8 países concorrentes.

Efectivamente, não podíamos recorrer a melhor plataforma para realizarmos, com pequenas correcções e adaptações, o que, estamos bem certos, será também o orgulho do transporte público da Área Metropolitana do Porto. Dele usufruirão todos os que aqui vivem ou por aqui passarem. Mas, para além disso, e como que a premiar os responsáveis pela sua opção lúcida em função dos benefícios locais, ele constituirá, a par de uma referência na Área Metropolitana do Porto, uma referência da Área Metropolitana do Porto.

Sistema de Alimentação e Catenária

Eng. SIMONE FASCIOLO
Vice – Director Engenharia
ABB Sae SpA, Itália

Introdução

A sociedade ABB Sae foi fundada em 1926 para actuar no sector da electrificação ferroviária tendo, nos anos subsequentes, ampliado a própria actividade às linhas de transmissão, às sub-estações eléctricas e aos equipamentos industriais. Nos últimos anos adquiriu a sociedade Rebosio, fundada em 1920, que sempre se ocupou da planificação e produção de produtos para a electrificação ferroviária e tranviária.

No projecto do Metro do Porto a nossa empresa fornece vários equipamentos, entre os quais o sistema de alimentação e a catenária.

Dimensionamento do sistema de alimentação do sistema de metropolitano ligeiro do Porto

O dimensionamento do sistema de alimentação e da linha de contacto tem, à partida, dados, tais como: as características da viatura, o horário e o traçado. Para garantir o funcionamento do sistema verificou-se que a tensão no pantógrafo se deverá encontrar dentro dos limites admitidos: a tensão nominal é 750 V cc, podendo a tensão variar de um mínimo de 500 V a um máximo de 900 V.

Utilizando um programa complexo de cálculo que simula o comportamento do sistema de alimentação submetido à carga variável dos eléctricos, determinaram-se as posições das sub-estações, a sua potência e a secção da linha de contacto.

Perante o pedido de manter o exercício, ainda que em caso de avaria, verificou-se que a falta de uma qualquer sub-estação de tracção não implica abrandamentos ou limitações quanto ao número de viaturas.

Obviamente, este caso, que pressupõe um encargo mais elevado, impôs o aumento do número de sub-estações. A configuração final adoptada permite, portanto, um funcionamento em pleno ritmo, ainda que em caso de avaria.

A alimentação eléctrica é fornecida pela EN através de oito ligações de 15 kV, uma das quais constituída por dois circuitos.

O esquema utilizado para as linhas S, P e T prevê duas ligações EN, uma para cada extremidade, e uma ligação entre estas em cabo que alimenta, com o sistema "entra-sai", as sub-estações intermédias.

Cada alimentação EN tem condições para fornecer a potência exigida por toda a linha, mantendo a tensão dentro dos limites admissíveis. Por outro lado, a linha C,

Descrição geral

O sistema de transporte ferroviário-eléctrico do Metro do Porto abrange quatro linhas:

- A linha S vai de Sto Ovídeo a S. João; esta linha tem duplo carril ao longo de todo o seu percurso, desenvolvendo-se parte em superficie, onde a linha de alimentação será do tipo urbano, e parte em galeria;
- A linha C vai de Campanhã a Matosinhos, tem duplo carril ao longo de todo o seu percurso, com um primeiro troço em galeria, um segundo troço em superficie sobre uma linha ferroviária já existente e um terceiro em zona urbana, de Fonte do Cuco até ao fim;
- A linha T vai de Fonte do Cuco a Trofa, sobre o percurso do caminho-de-ferro já existente, à exclusão da Maia, onde desvia para passar pelo interior da cidade, com um percurso urbano novo;
- A linha P vai de Fonte do Cuco a Póvoa de Varzim, sobre o percurso do caminho-de-ferro já existente.

sendo a mais importante e com cargas maiores, dispõe de três alimentações EN: duas nas extremidades e uma na parte central.

Perante um "black out" total da rede eléctrica do Porto, o que é muito improvável, as viaturas param e as que se encontram na galeria provocam um incómodo considerável aos viajantes. Um gerador de emergência, instalado na estação da Trindade, fornece a energia necessária para levar os comboios até à estação mais próxima.

Sub-estações

Todas as sub-estações são do tipo em ambiente fechado *(indoor)*.

Encontram-se geralmente localizadas numa estação do metro.

Existem dois tipos de sub-estação:

- sub-estações de tracção (SET), presentes em todas as linhas sendo em maior número nas linhas S e C (há 32 SET);
- sub-estações de transformação (SE) para alimentar os serviços das estações subterrâneas, presentes apenas na linha S e C (há apenas oito SE).

O esquema utilizado é, conforme já referido, do tipo "entra-sai". As aparelhagens 15 kV são quadros blindados (metalclad) com interruptores extraíveis de esafloruro de enxofre. A extracção do interruptor, praticável apenas manualmente, tal como a inserção, assegura o seccionamento segundo as definições e as exigências de todas as normas de segurança, permitindo intervenções de manutenção, sem possibilidade de acidentes.

Cada compartimento é constituído por câmaras de potência, barras, linha e interruptor, separadas entre si e por uma câmara para os circuitos auxiliários, na qual estão alojados os relé de protecção. Os quadros estão de acordo com as normas IEC 298, sendo testados com ensaios à resistência do arco interno, garantindo a incolumidade do operador em caso de manobra efectuada directamente no quadro.

As sub-estações de tracção

As sub-estações de tracção estão equipadas com um ou dois grupos transformadores/rectificadores, segundo os resultados do cálculo de simulação, cada um em condições de fornecer uma potência contínua de 1660 kW.

Para fazer face a exigências especiais durante curtos períodos, devido a distúrbios na regulação do movimen-

to do tráfego, os grupos transformadores/rectificadores estão dimensionados para suportar condições de excesso de carga: estes podem funcionar com uma carga igual a 150% da nominal por duas horas cada seis horas, ou então 300% por cinco minutos cada vinte e quatro horas.

O isolamento dos transformadores são em resina, para utilização em edifícios, com dois secundários, um do tipo estrela e outro em triângulo, que fornecem tensões desfasadas de 60° e dotados de tomadas para adaptar o número das espirais ao valor da tensão de alimentação, perante a exclusão da carga.

Os rectificadores são de diodos, protegidos por fusíveis rápidos; o esquema é de reacção dodeca-fásica, minimizando assim as ondulações da corrente contínua e as armónicas no lado alternada.

A distribuição em corrente contínua é realizada através de interruptores extrarápidos, alojados em quadros do tipo blindado. Os interruptores são do tipo extraível, dotados das mesmas características dos de média tensão, garantindo a segurança total.

O quadro que contém a partida do pólo negativo em direcção à linha, também contém um dispositivo de segurança que controla a tensão entre o carril e o equipamento de terra, ligando-os conjuntamente se ultrapassar um valor pré-estabelecido, abaixo do limiar de perigo.

As sub-estações de transformação dos serviços de estação

Conforme já indicado, as estações subterrâneas são dotadas de muitos serviços e dispositivos de segurança que necessitam de alimentação eléctrica. Esta é fornecida pela mesma linha em cabo de 15 kV que alimenta as sub-estações de tracção.

O pedido de potência em condições normais é limitado à iluminação, ao condicionamento e ventilação, aos distribuidores de bilhetes, às telecomunicações, aos elevadores e escadas rolantes e outros equipamentos necessários para o funcionamento e a segurança.

Para além destas cargas, sempre presentes em condições normais de exercício, os transformadores ali-

mentam os ventiladores de extracção dos fumos dos túneis que intervêm apenas em caso de incêndio.

A potência exigida é de cerca de 800 kVA; quanto ao anteriormente afirmado, foram previstos dois transformadores isolados em resina, cada um de 800 kVA.

Linha de contacto

A linha de contacto inclui três tipos diferentes, segundo as zonas de instalação:

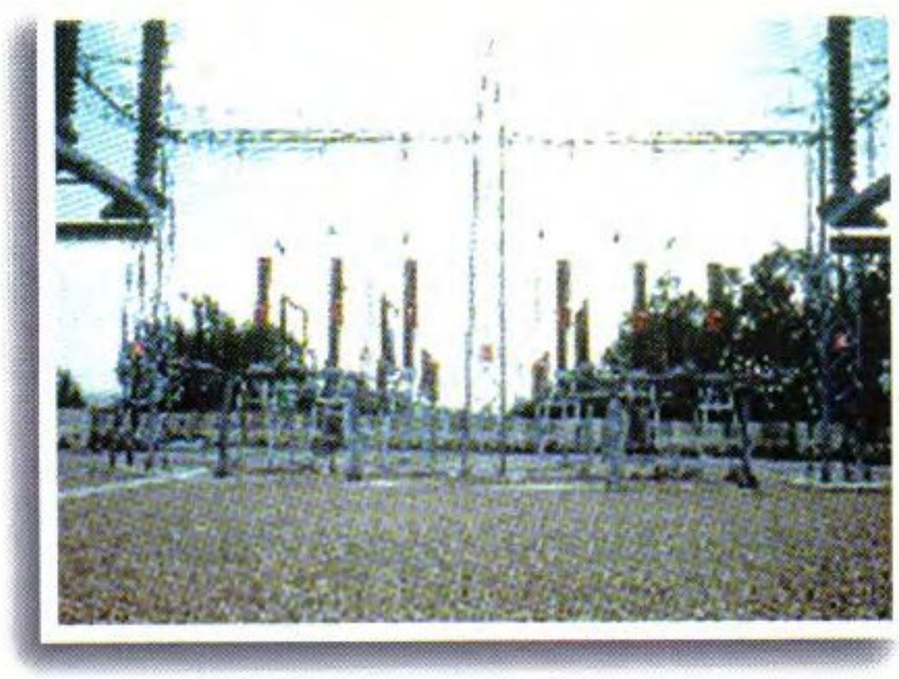
- zona urbana;
- galeria;
- zona extraurbana.

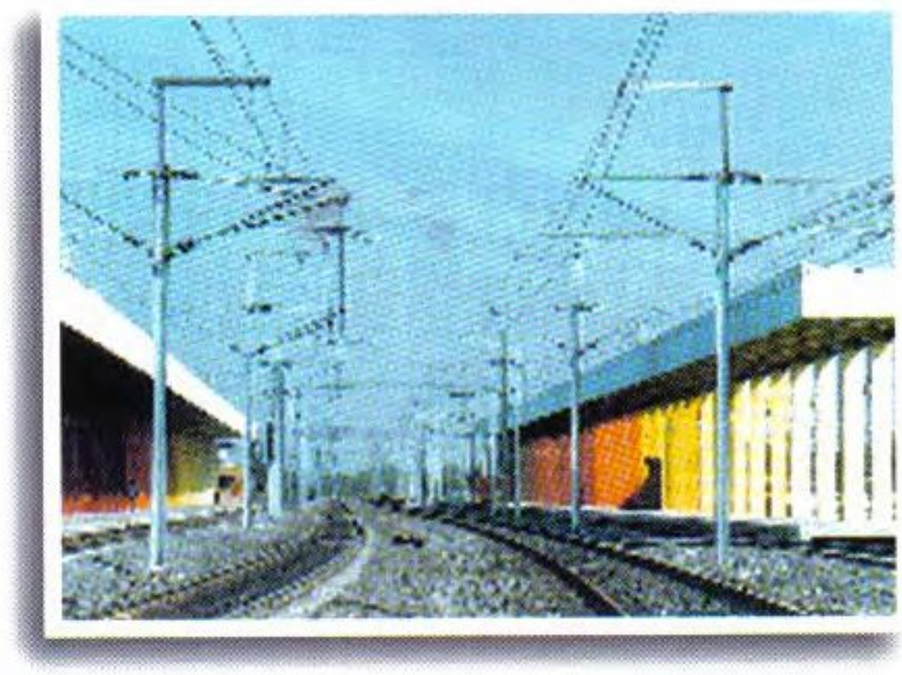
Linha citadina

A linha citadina responde a critérios diferentes relativamente a outras linhas: de estética, de espaço (ocupa menos espaço) e de compatibilidade com a circulação dos outros meios citadinos. Por isso foi adoptada uma linha tipo citadina para o eléctrico, constituída por dois fios de contacto de cobre, cada uma com uma secção de 150 mm2, sem o uso de cabos portantes, de modo a reduzir ao mínimo o impacto visual.

Os condutores são sustentados por estacas de tipo poligonal e por suspensões isoladas, constituídas por tubos de vidroresina, ou por tensoestruturas perpendiculares à linha, feita por fio isolante e muito resistente, fixos a estacas ou a edifícios aos lados da via. O estudo destas soluções é sempre elaborado com vista a causar o mínimo de distúrbio no ambiente e na paisagem.

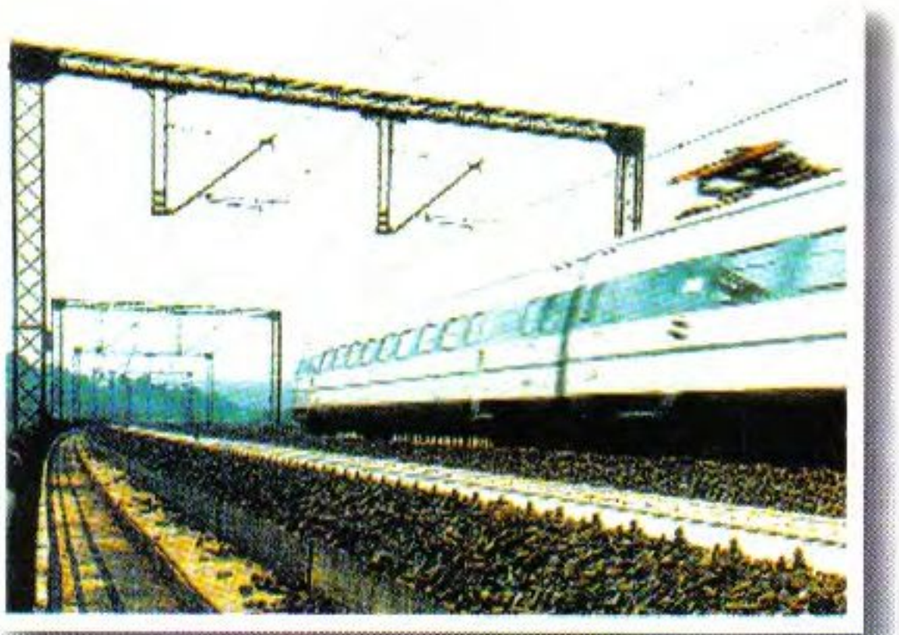
O equipamento utilizado é do mesmo tipo usado em outras instalações eléctricas de tipo análogo, de modo a possuir material ensaiado pelo exercício.

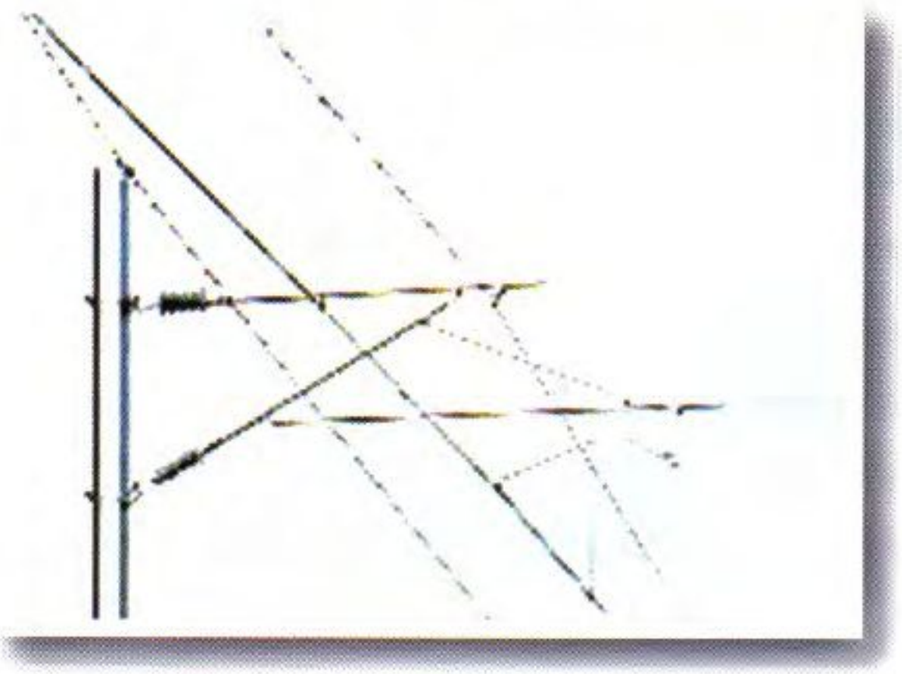


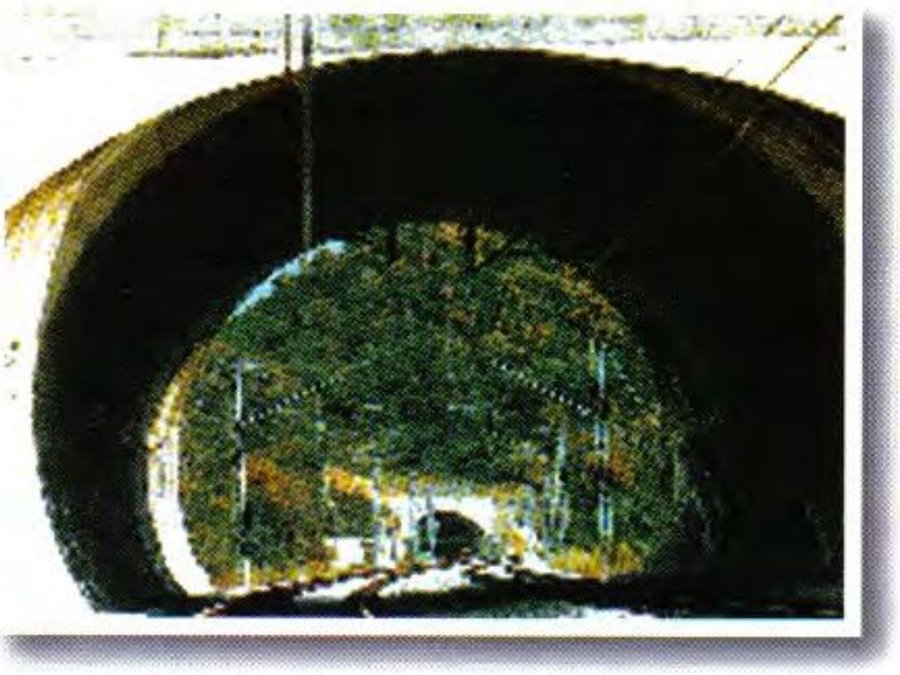


Galeria

A linha em galeria é constituída por dois fios de contacto de cobre, secção 150 mm2 e por um cabo portante também em cobre, secção 155 mm2. As consolas de sustento dos condutores são do tipo isolado, sendo







essencialmente constituídas por um tubo horizontal de ferro zincado e por outras partes, também de ferro zincado, que garantem a estabilidade estática e sustentam os tirantes de poligonação. O isolador do cabo portador é do tipo polimérico, constituído por um corpo central de vidro resina, com um revestimento dotado de aletas de borracha silicónica.

Os tirantes, para desfrutar melhor do espaço reduzido da galeria, são do tipo isolado. A linha é do tipo regulado, ou seja, a tensão dos fios e do cabo é mantida constante independentemente da variação da temperatura, sendo por isso que as consolas são rotatórias, dotadas de dobradiças com apoios presos em volta da galeria. A constância do tiro será assegurada por contrapesos deslizáveis ou por tensores de gás ou de molas.

Linha extraurbana

A linha extraurbana tem a mesma secção de cobre da linha de galeria, dois fios de 150 mm2 e um cabo de 155 mm2. Esta linha também é do tipo regulado.

As consolas são essencialmente do mesmo tipo das utilizadas em galeria; a única diferença situa-se nas dimensões maiores e no uso de tirantes de poligonação normais não isolados, ligados ao corpo principal da prateleira através de um isolador igual ao que sustenta o cabo portante. A regulação, ou seja, a constância do tiro, é assegurada por um sistema de contrapesagem que, deslizando ao longo da estaca de ancoragem, mantém os condutores sempre na mesma altura.

As estacas de sustento da linha são do tipo "H" na linha e tubolares na estação, zincados.

As consolas e, em geral, o equipamento proposto para esta linha, tal como para a situada na galeria, é o utilizado para os Caminhos-de-Ferro Italianos nas linhas standard de 3000 V. Este foi ensaiado por inúmeras passagens de comboios que se sucederam por dezenas de anos. É, portanto, um sistema optimizado pela experiência de exercício na qual os pontos fracos foram encontrados e eliminados já há muito tempo, com uma percentagem elevada de credibilidade; foi escolhido exactamente por este motivo, de forma a prevenir a possibilidade de exclusão do serviço do sistema de transporte, devido a avaria da linha de contacto.

Vantagens do emprego de isoladores em compósito

Os isoladores previstos para esta linha são do tipo compósito; a Sae Rebosio, empresa controlada pela ABB Sae, foi uma das primeiras no mundo a produzir isoladores deste tipo; as primeiras aplicações experimentais remontam ao final dos anos cinquenta, enquanto que as aplicações sistemáticas começaram em 1965. Os isoladores utilizados para esta linha são então o resultado de uma pesquisa realizada no sector, que demorou mais de trinta anos e que permitiu obter um produto praticamente isento de defeitos. As primeiras aplicações eram realizadas com uma barra em vidroresina revestida com uma cobertura com aletas de Politetrafluorietilénio, ou seja, teflon. Este último produto já não é utilizado desde os anos oitenta.

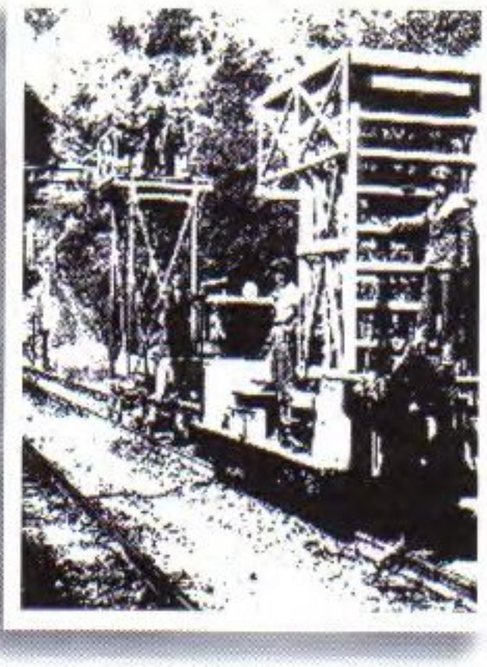
Actualmente, os isoladores compósitos são constituídos por uma barra de resina epoxídica, com reforço de fibras de vidro, em cujas extremidades são ligados, através de compressão, os dois terminais metálicos de ferro zincado.

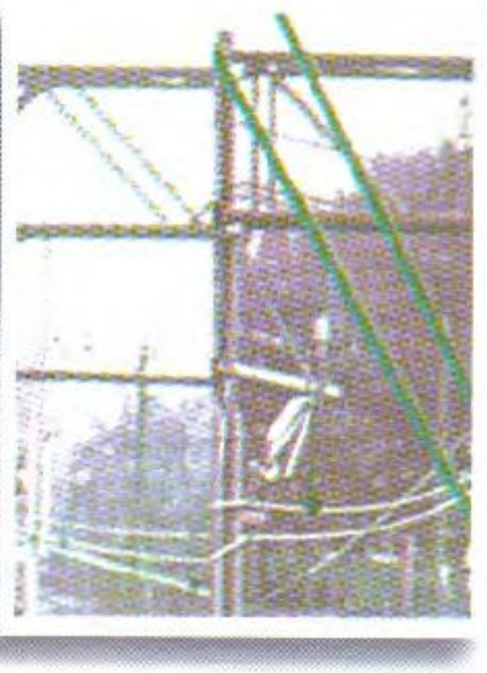
A barra é posteriormente revestida pelo sistema de aletas de borracha silicónica, mediante uma única operação, injectando num molde de alta pressão a borracha e vulcanizando-a directamente na barra. Deste modo, é garantida uma cobertura homogénea sem junções, com uma aderência perfeita aos terminais e à barra, impedindo a penetração de qualquer tipo de agente poluente.

Os isoladores deste tipo tiveram, e têm, uma aplicação no campo ferroviário e no das linhas eléctricas de distribuição e de transmissão de alta tensão.

Os isoladores produzidos pela nossa sociedade foram utilizados para linhas até 500 kV.

As vantagens destes isoladores, comparados com os de porcelana ou de vidro, são: uma maior insensibilidade à poluição, a resistência mecânica que impede a ruptura em caso de choques, vandalismo ou outro, e o peso reduzido.





Credibilidade

Todos os equipamentos são projectados e construídos tendo em conta a credibilidade, a disponibilidade, as possibilidades de manutenção e a segurança (RAMS). Esta abordagem projectual é muito vulgar, sendo aplicada desde há muito tempo em outros âmbitos industriais, tal como a Aviónica ou a Electrónica; sendo menos vulgar e mais recente a sua aplicação no nosso caso.

Os requisitos de credibilidade e disponibilidade foram concretizados por contrato em garantias sobre o MTBF (tempo médio entre duas avarias) das aparelhagens ou dos sub-sistemas principais e numa disponibilidade do equipamento na ordem dos 98% da sua totalidade.

O sistema adoptado para o projecto do Metro do Porto permite utilizar, juntamente com as soluções técnicas cuja credibilidade é consolidada por dezenas de anos de testes no campo, os mais recentes produtos da engenharia ferroviária, conjugando assim experiência e inovação, que é a regra da ABB Sae em mais de 70 anos de electrificação ferroviária.

Informação ao Público, Bilhética e Transmissão

Eng. JOSÉ SOUSA
Director Comercial ENT

1. Informação ao Público

O Sistema de Informação ao Público destina-se a manter os utilizadores do Metro do Porto actualizados com a informação necessária para uma eficiente utilização do sistema de transporte. A disponibilização da informação aos utentes é efectuada de duas formas: visualmente, através de painéis electrónicos colocados em todas as estações e/ou sonoramente através de altifalantes. Assim, relativamente ao sistema de Informação ao Público, existirão dois módulos que efectuam a gestão de cada tipo de informação a transmitir (visual ou sonora). Em termos de arquitectura e princípio de funcionamento, os dois módulos serão semelhantes, existindo um sistema central, de onde é possível configurar e gerir toda a informação a enviar para cada estação. O sistema central, localizado no Posto Central de Comando (PCC) em Guifões, é ligado ao sistema de Seguimento Automático de Composições (S.A.C.), garantindo assim que a informação a prestar em ambos os módulos é actual e correcta. O transporte da informação entre o PCC e as várias estações é assegurado através do sistema de Transmissão.

1.1. Informação Visual (Teleindicação)

A teleindicação permite informar o passageiro, através da afixação de mensagens de texto em painéis de informação electrónicos.

As mensagens afixadas podem incluir:

- Hora real
- Destino da próxima composição
- Tempo de espera na estação para chegada da próxima composição
- Informações particulares
- Informações comerciais

Devido ao facto deste sistema ter um forte impacto visual nas estações teve-se um cuidado particular na escolha da sua configuração. Assim, cada painel apresenta as seguintes características:

- Dupla face cuja informação variável é afixada em displays
- Utilização de caracteres de cor amarela, o que assegura um bom contraste com o fundo escuro e, por outro lado, não interfere com a sinalização
- Utilização de duas linhas, sendo na primeira afixada a hora real, a par da inscrição fixa identificadora da estação; e na segunda linha informação complementar, tal como o destino da próxima composição.

1.2. Informação Sonora (Sonorização)

O Sistema de Sonorização assegurará a transmissão de informação audível relativa à circulação dos comboios e informação de interesse geral para o público.

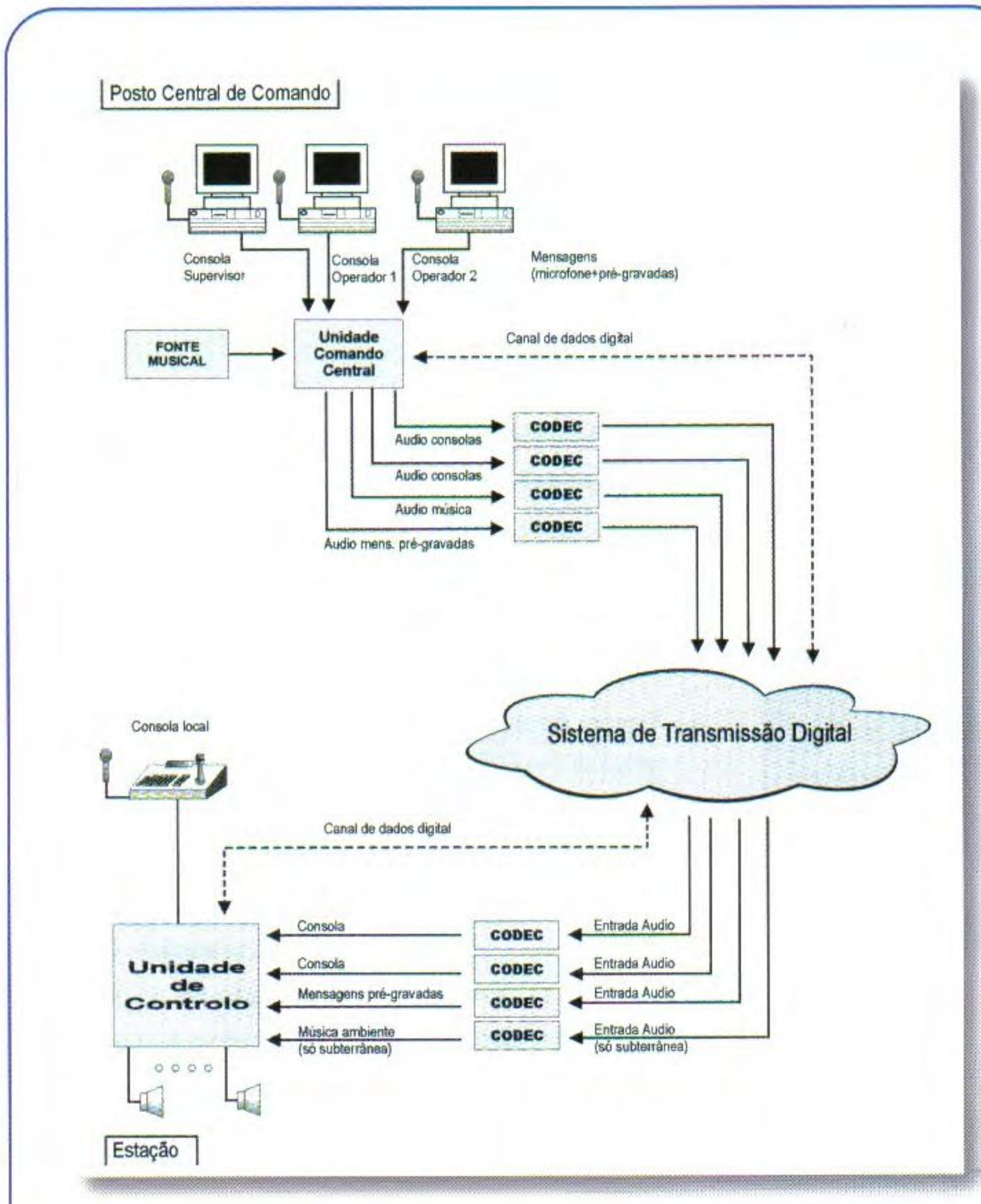


Fig. 1 - Arquitectura do Sistema de Sonorização

O sistema é constituído pelo Posto Central de Controlo, localizado no PCC de Guifões, e pelos diversos Sistemas de Sonorização de Estação, localizados em cada Estação e também no Depósito.

A difusão de mensagens pode fazer-se em toda a estação ou, apenas, numa zona da mesma. É também possível constituir grupos de estações a fim de enviar, em simultâneo, a mesma mensagem. Nas estações subterrâneas, além da possibilidade de emissão de mensagens relativas à actividade inerente do Metro do Porto (informação da chegada da próxima composição, alteração ao funcionamento da estação, etc.) poderá ainda ser difundida música ambiente.

Normalmente o controlo de todo o sistema é efectuado a partir do posto central. No entanto, está previsto que para as estações cuja complexidade o justifique, seja possível a emissão de avisos sonoros a partir duma consola local, necessários ao correcto funcionamento da estação em causa.

2. Sistema de Bilhética

O sistema de Bilhética permite a venda, validação, controlo, gestão e supervisão dos títulos de transporte. Como filosofia base deste sistema foi estabelecido que todos os títulos são validados de forma obrigatória e sistemática.

Este sistema apresenta duas vantagens:

- Controlo de fraudes é facilitado e é fomentada a auto-disciplina no seio dos utentes.
- Permite a obtenção de estatísticas fiáveis, úteis para o conhecimento preciso da procura, no tempo e no espaço.

Um dos principais cuidados observados para a concepção da sua arquitectura modular e aberta foi a necessidade de utilização de equipamento standard, de maneira que a sua compatibilização com outros sistemas de transporte existentes na área metropolitana do Porto se efectue sem dificuldade. O tipo de bilhete seleccionado utiliza banda magnética, estando desde já prevista em termos de capacidade de evolução a possibilidade de utilização no futuro de tecnologia "contactless".

O sistema de Bilhética pode ser dividido em duas componentes fundamentais, a parte central e a rede de distribuição, venda e validação dos títulos.

Ao sistema central são atribuídas entre outras as seguintes funcionalidades:

- Controlo e monitorização de todos os equipamentos das estações
- Comunicações com o exterior, nomeadamente no que se refere a pagamentos electrónicos (SIBS)
- Utilização de ferramentas de alto nível para exploração dos dados e obtenção de indicadores de gestão
- Registo das transações de venda e validação de títulos
- Gestão da manutenção

Relativamente à rede de distribuição e venda de títulos podemos distinguir os seguintes elementos fundamentais:

- Máquinas Automáticas de Venda de Títulos (MAVT)
- Postos de venda de títulos com operador
- Validadores
- Portáteis de controlo e venda

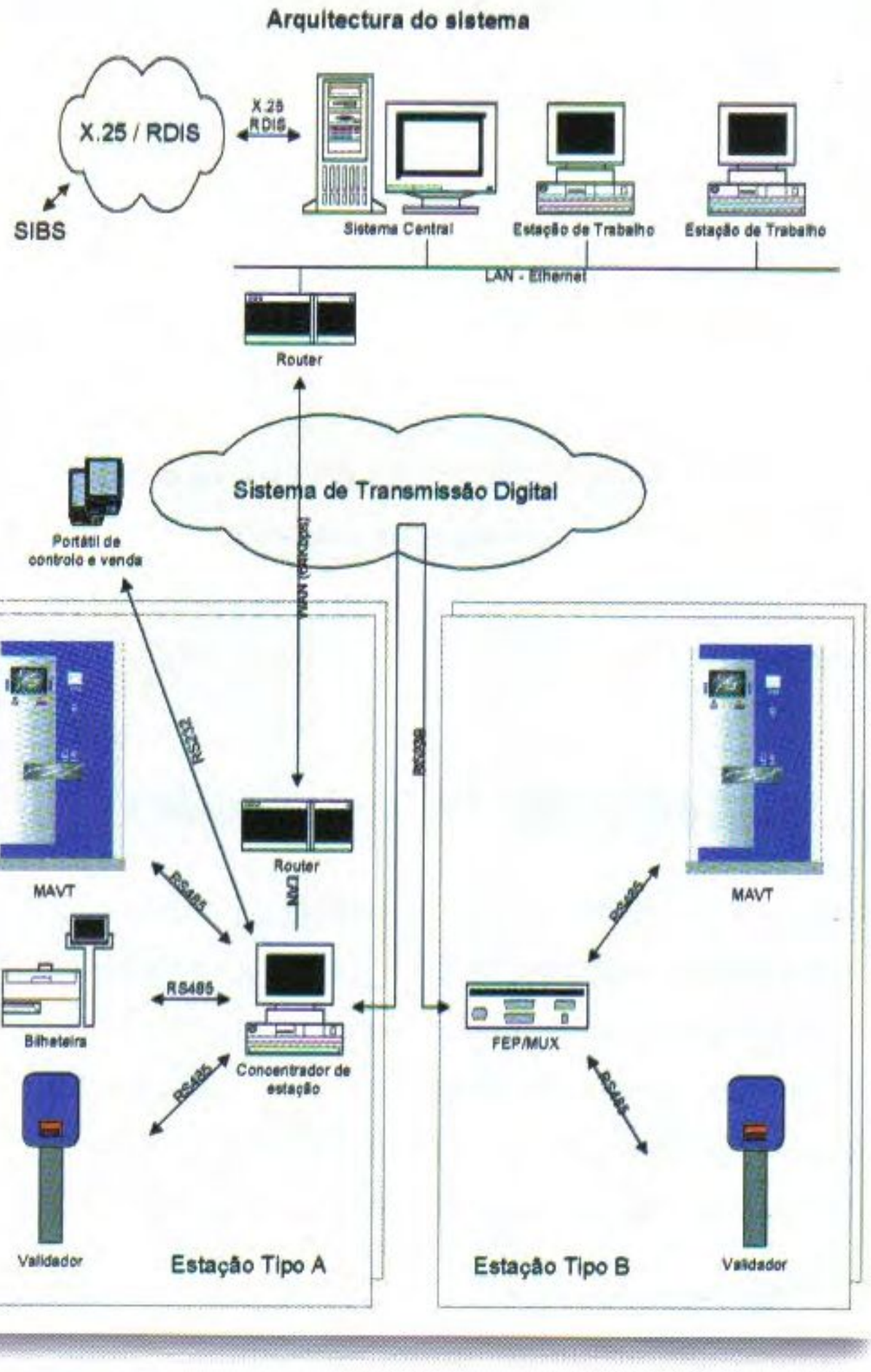


Fig. 2 - Arquitectura do Sistema de Bilhética

- Concentradores de estação
- Front end de comunicações

Em geral, cada estação é equipada com uma ou duas máquinas automáticas de venda de títulos (dependendo do tráfego), quatro validadores e um front end de comunicações. Nos casos em que a complexidade da estação o justifique, e pelo menos uma vez por cada linha, será também utilizado um concentrador de estação e um posto de venda com operador.

Os meios de pagamento permitidos serão:

- Moedas (as máquinas automáticas aceitam até doze tipos de moedas diferentes)
- Porta moedas electrónico (PMB)
- Cartão electrónico de débito (Multibanco, ...)
- Cartão de crédito (Visa, ...)
- Cartão de cliente

Para interligação dos equipamentos existentes em cada estação, com o posto central, são utilizados canais digitais a 64 kbit/s do sistema de transmissão descrito no ponto 3.

3. Sistema de Transmissão

Como anteriormente descrito, o sistema de transmissão é um elemento fundamental para o transporte de todas as informações necessárias à correcta exploração do Sistema de Transporte do Metro do Porto. A rede de transmissão assegura o transporte de todos os sinais de controlo e informação inerentes aos seguintes sistemas:

- Bilhética
- Informação ao Público sonora (Sonorização)
- Informação ao Público visual (Teleindicação)
- Rádio (para interligação das estações base)
- Supervisão técnica (SCADA)
- Telefónico
- Videovigilância

O conceito principal do sistema adoptado consiste na integração máxima dos equipamentos/ serviços satisfazendo os seguintes requisitos:

- Capacidade instalada e de expansão confortáveis
- Heterogeneidade e transparência (cobertura de todas as necessidades de transmissão)
- Segurança de funcionamento (fiabilidade, disponibilidade e segurança)
- Qualidade de transmissão
- Facilidade de manutenção (afinação e manutenção de primeiro nível fáceis)
- Possibilidade de visualizar o estado de todos os equipamentos através de um sistema de gestão da rede
- Desempenho adequado em médias e longas distâncias

Para que se possam cumprir os requisitos mencionados, foi seleccionado como infra-estrutura física de transporte a fibra óptica e como taxa de transmissão, entre as estações principais 155 Mbit/s (STM-1 Synchronous Transport Module 1). É assim assegurada a possibilidade de transporte de outros tipos de interface não previstos actualmente, através da utilização de equipamentos e tecnologias standard que cumprem todas as normas aplicáveis do ETSI (European Telecommunications Standards Institute), ao mesmo tempo que existe capacidade de transmissão para permitir futuras evoluções.

De modo a assegurar a fiabilidade intrínseca do sistema de transmissão foram tidos alguns cuidados, nomeadamente, a existência para todas as estações de um caminho alternativo, no caso do caminho principal falhar. Nas situações em que o volume dos dados o justifica, foi dividido o transporte da informação relativa aos vários sub-sistemas em cada estação, por pelo menos dois multiplexers de 2 Mbit/s, de modo a que uma falha num dos multiplexers não inviabilize a comunicação com todos os sistemas da estação.

O Sistema de Sinalização e Segurança

Eng. FABIO PELEGRINI
Resp. Engenharia de Sistemas
Adtranz - Itália

Segurança, Comunicação Via Rádio e Aspectos de Supervisão de Tráfego

Como descrito com mais detalhe noutros artigos desta mesma revista, o sistema de transporte do Metro do Porto cobre traçados com diferentes características: subterrâneo no centro do Porto, onde é realmente um metro ligeiro -, junto com o trânsito rodoviário, na periferia do Porto, Matosinhos e Vila Nova de Gaia, onde é mais como um eléctrico - e vias únicas para Trofa e Póvoa de Varzim, onde se parece mais com um comboio.

Na fase de elaboração da Proposta, o Metro do Porto concedeu aos concorrentes uma significativa liberdade para apresentar soluções, desde que se tivesse em consideração que a proposta global deveria ter um alto grau de uniformidade, não obstante as intrínsecas e significativas diferenças entre os diversos traçados. A ideia básica era a de que, para os passageiros, o serviço deveria ser da mesma qualidade em toda a linha, sendo que as rotinas dos condutores deveriam também ser idênticas, tanto quanto possível.

Este era um dos desafios mais importantes para o Consórcio Normetro, envolvendo todas as empresas consorciadas. Para a "Engenharia de Sinalização" da Adtranz era um exercício atractivo porque tinham que reunir os sistemas metro-eléctrico-comboio.

Mesmo com os diferentes subsistemas já disponíveis como produtos próprios, a arquitectura integral do sistema exigiu uma análise cuidadosa para alcançar o objectivo proposto.

Os principais objectivos do sistema de sinalização e segurança proposto são:

1. Prevenir acidentes entre:
   - Veículos a circular na mesma via e no mesmo sentido.
   - Veículos a circular na mesma via em sentido oposto (pré-definindo as estações de cruzamento).
   - Veículos e circulação rodoviária / pedonal, nas passagens de nível e cruzamentos rodoviários.
2. Planificar os itinerários dos veículos de acordo com os horários pré-definidos.
3. Monitorar o tráfego dos veículos e ajustá-lo às condições de operacionalidade existentes.

O sistema de sinalização e segurança

Tendo em consideração a existência de traçados de via única, de uma série de estações com possibilidade de inversão de marcha de veículos (para trajectos reduzidos) e de alguns quilómetros de via dupla em túnel - condições que obrigatoriamente têm de ser consideradas em relação à segurança do tráfego - decidiu-se propor um sistema de segurança semelhante aos fornecidos para caminhos de ferro ou metros pesados.

PCC - Vista Geral

Para estas aplicações, o conceito tradicional de "sistema de encravamento" associa-se à instalação de equipamento do tipo "segurança em caso de falha" ("fail-safe") para prevenir acidentes em estações onde - devido à presença de aparelhos de mudança de via (AMV´s) - dois veículos poderiam entrar em conflito. Ao longo dos troços entre estações, sistemas designados por "blocos automáticos" serão usados para evitar a entrada de um segundo veículo num troço já ocupado por outro.

Para leitores não familiarizados com Sinalização e Segurança, gostaríamos de salientar que "sistemas de encravamento" e "blocos automáticos" são equipamentos do tipo "fail-safe" ou seja, se qualquer tipo de falha ou defeito ocorrer nos sistemas, não será dado o sinal de "permissão" ao veículo para prosseguir.

Em palavras mais simples, em nenhuma condição um veículo tem "luz verde" desde que haja a mínima dúvida que pode avançar em segurança.

Os equipamentos do tipo "fail-safe" tradicionais fazem grande uso de relés especiais e outros componentes electro-mecânicos. Cada estação precisa de um compartimento específico para instalar o seu equipamento de controlo, para além da alimentação através de Sistemas de Alimentação Ininterrupta (UPS), quase sempre requeridos para sistemas sem quebras de operação.

O sistema de sinalização e segurança a instalar no Metro do Porto é da última geração. Cada linha é dividida em sectores com um comprimento médio de 5 km e cada sector está sob o comando de uma unidade de decisão local. Esta unidade também chamada "unidade de encravamento" controla todas as estações e troços entre-estações no sector da sua competência. Também são instalados canais de comunicação especiais entre unidades de encravamento adjacentes para trocar a necessária informação com o objectivo de verificar a existência de todas as condições de segurança antes de dar "permissão" aos veículos nas zonas de fronteira dos sectores.

Um pequeno computador dedicado e um interface completamente estático de ligação aos equipamentos no lado da via (AMV´s, sinalizadores, contadores de eixo, etc.) é o que é necessário para gerir o tráfego naquele sector sob condições de "fail-safe". As dimensões e o consumo energético destes equipamentos são tão reduzidos que eles podem ser instalados em qualquer lado, proporcionando uma alta flexibilidade de instalação.

No que respeita aos sinais "ferroviários", e com o objectivo de claramente os diferenciar quando comparados com a sinalização rodoviária (semáforos) usada nos cruzamentos em que o veículo se junta com o trânsito rodoviário, aqueles terão a seguinte aparência:

- Stop – barra vermelha horizontal.
- Prosseguir – barra verde vertical.

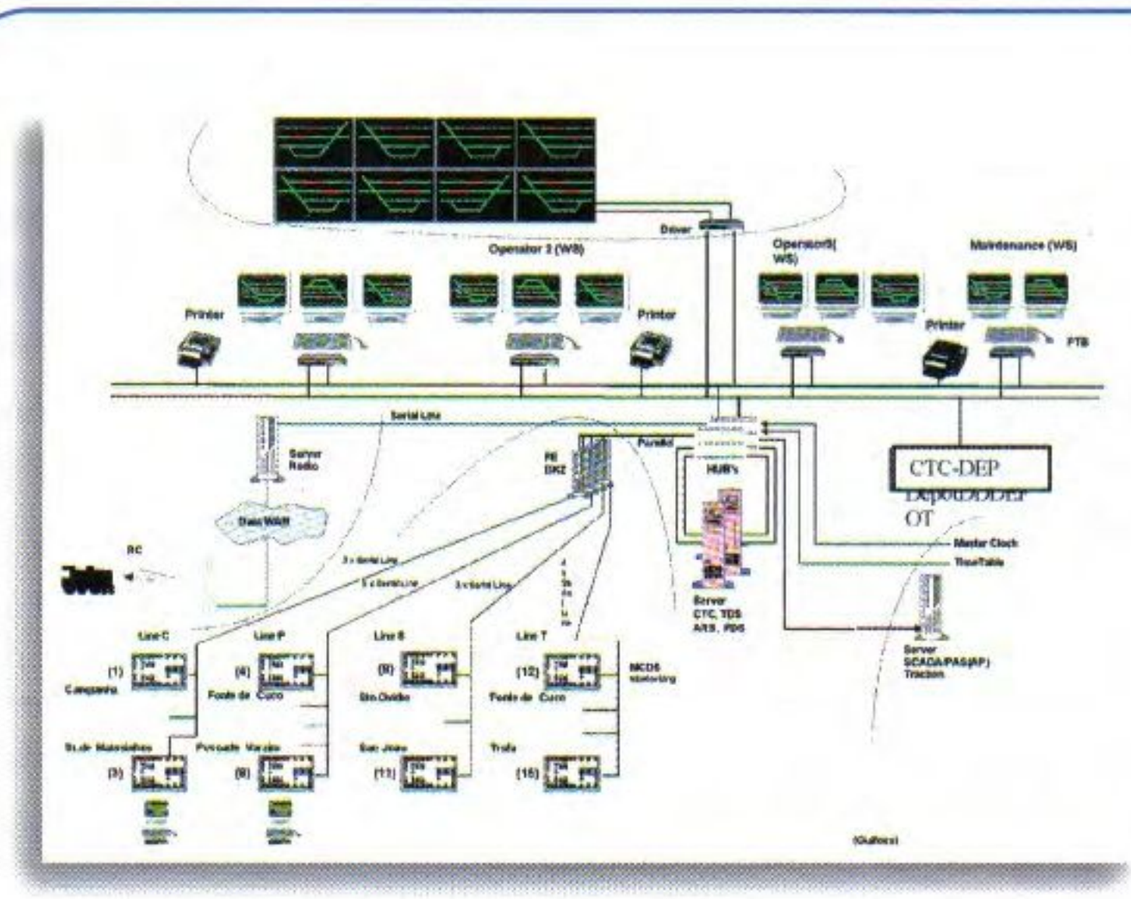
A detecção dos veículos em zonas segregadas será feita por circuitos de audio-frequência e contadores de eixo.

Passagens de nível – PNs

Nos traçados onde Metro do Porto é semelhante a um comboio, ou seja, quando rola em vias segregadas, há a necessidade de instalar PNs nos cruzamentos com rodovias, como se realmente fosse um comboio. As PNs também são do tipo "fail-safe" e podem ser classificadas segundo os dois critérios seguintes: utilização da estra-

da e forma de controlo.

Do ponto de vista da utilização de estrada, em estradas secundárias, caminhos e passagens pedestres as PNs serão equipadas com sinais de cor (vermelho e branco) e campainha, para além dos paineis "Pare ao Sinal Vermelho e Cruz de Sto André" e "Atenção, na Ausência de Indicação nos Sinais, Pare, Escute e Olhe", e em estradas principais as PNs serão equipadas com obstáculos físicos (meias barreiras), sinais de cor (vermelho) e campainha, para além do painel "Pare ao Sinal Vermelho".



"Arquitectura" TMS

Do ponto de vista da forma de controlo, os comandos para abrir e fechar as PNs atendem à sua localização em relação às estações:

- Se a PN está junto a uma estação, recebe ordem para fechar antes do veículo entrar na estação. O estado de "fechado" será confirmado pelo sistema de encravamento e é condição para que o sinal apresente o aspecto "Prosseguir".
- Se a PN está em plena via, será fechada automaticamente quando o veículo passar por um sensor de roda de carril, instalado a uma distância suficiente da PN que permita o seu fecho e a evacuação do cruzamento (20 a 30 seg. em média).

A PN reabrirá automaticamente após ser detectado que o veículo passou a área do cruzamento.

Como resultado do referido anteriormente (e de alguns aspectos técnicos adicionais que não se justifica referir aqui) cada PN será fechada com a antecedência necessária e suficiente para permitir ao trânsito rodoviário e pedonal desocupar o cruzamento, reabrindo logo que o veículo passe.

As PNs a instalar são de fabrico e concepção portuguesa e serão do mesmo tipo das aprovadas e normalmente instaladas pela REFER (CP).

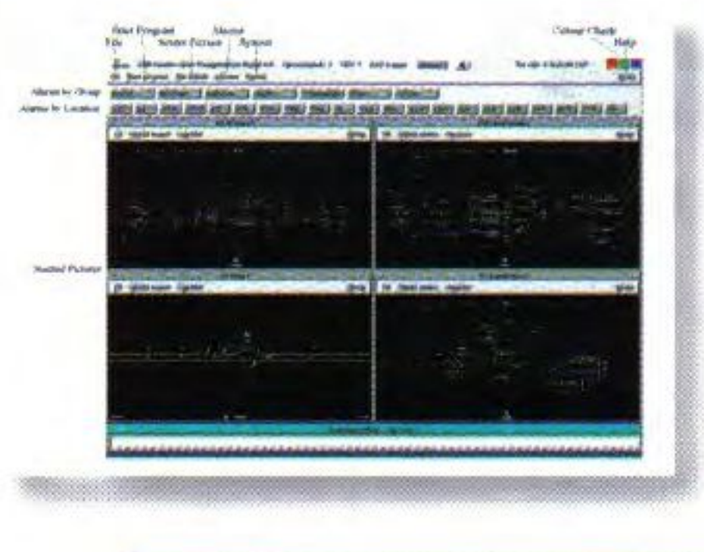
Zonas de intersecção com o trânsito rodoviário

Nas áreas urbanas, onde o Metro do Porto é semelhante ao eléctrico, o condutor do veículo do Metro deverá respeitar a legislação válida para o trânsito rodoviário. Deverá ser considerado não somente o que respeita à sinalização luminosa, mas também o que peões, carros e outros veículos façam ou possam fazer.

Nestas condições seria bastante difícil programar uma velocidade comercial aceitável sem qualquer apoio técnico.

De facto, os mais importantes cruzamentos com rodovias serão equipados com controladores de semáforos "inteligentes". Quando um veículo se aproxima do cruzamento, passa por um sensor (usualmente um circuito de via curto) que informa o controlador; a distância entre o sensor e os semáforos é calculada de tal maneira que - enquanto o veículo se aproxima do cruzamento – o controlador tem tempo suficiente para mudar o sentido do tráfego, dando "luz verde" ao veículo.

Em qualquer caso, se existir algum tipo de falha, o semáforo permanece vermelho e haverá tempo suficiente para o veículo parar.



Imagens nos monitores

Mesmo que equipamentos do tipo "fail-safe" não sejam exigidos, o conceito é muito semelhante ao das PNs. Em ambos os casos o veículo passará o cruzamento com máxima prioridade sem reduzir a velocidade, se as condições o permitirem, reduzindo ao mínimo o obstáculo ao tráfego rodoviário.

A gestão de tráfego e supervisão do sistema

Num sistema complexo como o do Metro do Porto, um ponto crítico é a gestão de tráfego, também chamada "operação". Com o objectivo de garantir uma operação segura e efectiva, as últimas gerações de sistemas incluem um equipamento de supervisão computorizado. Dependendo do tipo de aplicação, a "inteligência" do sistema encontra-se, por vezes, completamente centralizada, sendo outras vezes distribuída por subsistemas diferentes.

O sistema a ser instalado no Metro do Porto é do tipo distribuído. Antes de deixar o terminal, o condutor introduz no computador de bordo um "número de veículo" através dum pequeno teclado. Isto é suficiente para definir o seu destino, horário e outros dados. Quando o veículo se aproxima de uma estação (em termos ferroviários, onde é possivel mudar de via através de AMV´s), uma antena a bordo estabelece contacto com emissores/receptores (balizas) instaladas no solo ao longo da via, informando em que direcção o veículo quer ir. O pedido é dirigido ao sistema de encravamento do sector onde a estação está incluída. O sistema de encravamento - sempre que necessário – move as agulhas motorizadas de acordo com a rota pré-definida para aquele veículo e, uma vez verificado que todas as condições de segurança estão satisfeitas, dá o sinal de "prosseguir" ao veículo.

A informação usada por cada unidade lógica de encravamento para decidir se uma rota é segura, bem como o estado dos equipamentos no lado da via, é transmitida - através do sistema de telecomunicações – a um sistema centralizado chamado "Traffic Management System" (TMS), instalado no Posto de Comando Central. É um sistema que permite a um operador de tráfego supervisionar toda a linha do Metro.

O Posto de Comando Central (PCC) fica localizado no Depósito Central de Guifões, em edifício partilhado com outras infraestruturas. Este local, próximo de Custóias, é de fácil acesso e relativamente central a toda a área envolvente do Metro, condição importante à localização dum PCC.

Dispõe de grande quantidade de informação que lhe chega por diversos meios independentes (circuitos de televisão interna, telefones, sistemas de sinalização e alarme, monitorização de tráfego e rádio, entre outros), com suporte por fibra óptica e radio-frequências.

A comunicação "TMS – Unidades de Decisão Local (UDL)" é feita por canais dedicados em fibra óptica. A comunicação "UDL – Veículos" é feita por radiofrequências (através das já referidas balizas), e a comunicação "Veículo – TMS" é feita via rádio, como a seguir referido.

São sistemas e suportes de comunicação tecnicamente independentes, e todos com elevada fiabilidade.

No PCC haverá três postos de operação. Qualquer deles pode fazer a gestão e supervisão do tráfego em toda a envolvente do Metro. Mas em condições normais de operação, um posto gere e supervisiona a linha S,

Concepção e Desenvolvimento Integrado do Projecto do Metro do Porto

ENG. YVES GENEVOIS
Chefe de Projecto
Responsável da fase
da proposta para o projecto
Metro do Porto
SEMALY

Com 4 linhas totalizando 70 quilómetros de comprimento, incluindo 6,7 quilómetros subterrâneo, 66 estações, para uma frota de 72 composições, o projecto do metro do Porto é actualmente, a nível mundial, um dos projectos de transportes urbanos mais importantes.

A escolha feita pelo Responsável das Obras, a sociedade Metro do Porto S.A., por uma solução integrada sob a forma de um contrato único de concepção, construção e exploração da obra durante 5 anos, permitiu-lhe pôr em concorrência agrupamentos constituídos pelos industriais mais reconhecidos no âmbito dos transportes urbanos, associados com firmas de construção civil, engenharia e operadores de fama internacional.

Esta concorrência foi realizada tendo por base um nível de definição funcional do projecto de forma a permitir a máxima criatividade entre os concorrentes, inscrita num âmbito jurídico e técnico muito rigoroso.

O resultado do procedimento adoptado pelo concurso público para a adjudicação do projecto permitiu seleccionar, sobre um período superior a 30 meses, um anteprojecto, que integrou, durante duas etapas técnicas o melhor compromisso tomando em conta o ambiente económico e social da Área Metropolitana do Porto (AMP) e as tecnologias actualmente disponíveis no âmbito dos transportes urbanos.

O Adjudicatário do contrato, o agrupamento NORMETRO, tem hoje a responsabilidade da realização interna da concepção do projecto, isto é num primeiro tempo, o desenvolvimento dos estudos ao nível do projecto. Evidentemente que esta fase do estudo tem de tomar em conta os compromissos adoptados pelo agrupamento para com o dono da obra, integrando os dados mais exactos actualmente disponíveis graças aos recentes levantamentos topográficos, sondagens geológicas complementares e estudos geotécnicos e hidrogeológicos. Para além disso há que considerar certas alterações de traçado. A reactividade e adaptabilidade do agrupamento face a estes constrangimentos externos são facilitados por uma engenharia totalmente integrada.

O núcleo de concepção do agrupamento dirigido pela SEMALY desenvolve e efectua a primeira validação interna, a segunda é efectuada pelo dono da obra. Os temas técnicos tratados cobrem naturalmente todos os assuntos relativos aos projectos de transportes urbanos, desde a inserção do traçado até aos estudos das estações. Um material de estudo homogéneo é então intregado a cada um dos outros núcleos do agrupamento, isto é o núcleo electro-mecânico composto pela ADtranz e a ABB SAE; e o da construção civil, agrupando a SOARES DA COSTA, a IMPREGILO e a SOMAGUE. Estas duas entidades têm como objectivo o desenvolvimento do projecto de execução.

A este nível de desenvolvimento o papel da coordenação técnica no agrupamento toma uma importância

ainda mais relevante porque tem de verificar que cada um dos múltiplos projectos desenvolvidos ao nível dos núcleos electro-mecânico e construção civil se inserem perfeitamente num conjunto homogéneo e conforme aos procedimentos e aos compromissos tomados pelo agrupamento.

As ferramentas permitindo assegurar estas adequações baseiam-se nos controlos sistemáticos das interfaces entre sistemas (ex.: interfaces roda - carril, veículo - cais....), bem como numa política rigorosa de segurança e de controlo da qualidade implementada ao nível do agrupamento afim de não só verificar o respeito dos compromissos ao nível dos custos, prazos e performances técnicas mas também enfrentar as alterações que podem intervir durante a fase de concepção - - construção.

Os procedimentos de ensaios de sistemas, interfaces, de conjunto, e em vazio, permitem assegurar à TRANSDEV, explorador do agrupamento, e ao dono da obra um funcionamento do sistema em conformidade com o que estava previsto.

Esta integração da concepção e do desenvolvimento do projecto no agrupamento NORMETRO necessita a implementação duma estrutura rigorosa de gestão do projecto. Esta organização permite uma eficiência total graças a parceiros experientes com fortes interesses convergentes. Este tipo de montagem permite ao Metro do Porto conservar todas suas prerrogativas de controlo e supervisão, especialmente ao contratar um conselho especializado, deixando ao Agrupamento toda a liberdade de concepção/ optimização/ construção/ operação no âmbito do contrato.

Gestão de Projecto do Metro do Porto

ENG. EVARISTO DA SILVA
Director da ICF Kaiser

A Gestão de Projectos, quando realizada de forma profissional, tem-se revelado como um instrumento imprescindível para garantir, dentro do possível, a realização dos empreendimentos dentro do prazo e de acordo com os orçamentos definidos.

A Gestão de Projectos, tal como é encarada hoje em dia, é um conceito mais abrangente e mais completo que a simples Fiscalização de obras.

A Fiscalização tem, na sua génese, a obrigação de garantir que os trabalhos executados durante a realização das obras respeitam os projectos de execução que foram aprovados. Como articulação entre o empreiteiro e o projectista, a Fiscalização serve, em grande parte das ocasiões, como caixa de correio, tentando agilizar o esclarecimento de eventuais dúvidas que o empreiteiro tenha na interpretação dos projectos. A sua actuação é, essencialmente, reactiva, ou seja, reage a situações de incumprimento, devendo desenvolver as acções capazes de garantir a correcta materialização dos projectos que servem de base à obra. Não é, geralmente, responsabilidade da Fiscalização o cumprimento dos prazos, que depende, essencialmente, da observância por parte do Empreiteiro do seu próprio Plano de Trabalhos e da sua discussão com o Dono da Obra. Igualmente, embora a Fiscalização tenha como obrigação a assinatura dos Autos de Medição, a responsabilidade sobre o controlo do custo global do empreendimento depende da relação Empreiteiro / Dono da Obra, passando lateralmente às responsabilidades usuais da Fiscalização.

É obvio que o facto de um empreendimento, nomeadamente quando se trata de obras públicas de grande dimensão ou que se prolonguem durante largos períodos de tempo, ter tido uma gestão de projectos profissionalizada não garante, à partida, um total cumprimento dos prazos e custos inicialmente previstos.

Apesar de tudo, as obras de engenharia têm em si características de alguma aleatoriedade e o facto de se falar de obras públicas, principalmente quando promovidas, como quase sempre acontece, pela Administração Pública, torna-as vulneráveis a alterações de percurso com a incorporação de muitos trabalhos não previstos, para garantir uma boa aceitação dos diversos grupos de cidadãos organizados sectorialmente ou em estruturas de poder local. É, por isso, necessário perceber com clareza qual o âmbito, programação, duração do empreendimento e estimativa de custos nas condições iniciais e qual foi o produto final que se obteve e se as alterações introduzidas explicam, ou não, um eventual aumento dos prazos e dos custos.

As sucessivas derrapagens de custos e prazos que caracterizavam, e ainda hoje caracterizam, muitos dos grandes empreendimentos e obras públicas em

Portugal, levou a adoptar uma nova filosofia na realização de empreendimentos, tal como já era vulgar noutros países desenvolvidos e nas obras financiadas por instituições internacionais.

Este novo conceito de Gestão de Projecto envolve actividades que vão desde:

i) a Coordenação dos Projectistas, no que se refere à preparação do âmbito dos trabalhos a contratar, ao acompanhamento do planeamento e codificação dos elementos de projecto, podendo incluir a Revisão de Projecto, em moldes, geralmente, simplificados no sentido de obter uma melhor compatibilização entre os projectos das várias especialidades;

ii) a elaboração dos Cadernos de Encargos e o lançamento dos concursos de construção e posterior avaliação das propostas, para permitir que o Dono da Obra possa optar, com a melhor e a mais fundamentada informação possível, sobre as alternativas que tem disponíveis;

iii) a gestão dos contratos de empreiteiros, fornecedores de equipamento e sub-empreitadas, de forma a compatibilizar os diversos planeamentos e a controlar as programações financeiras acordadas;

iv) o controlo de custos, tentando controlar a programação financeira do empreendimento, de modo a que se torne mais vantajosa para o Dono da Obra;

v) o controlo do planeamento, de modo a garantir que o progresso físico do empreendimento se faz com o ritmo previsto, através duma atitude essencialmente proactiva, antecipando e tentando resolver os problemas antes que eles efectivamente surjam;

vi) a utilização de um sistema de informação fiável, robusto, testado e facilmente auditável, geralmente sustentado em bases de dados relacionais, que garanta a articulação adequada de toda a informação e a sua disponibilização idêntica a todos os intervenientes em qualquer altura, de forma a minimizar os erros que geralmente ocorrem pela não actualização global e imediata de todas as bases de trabalho;

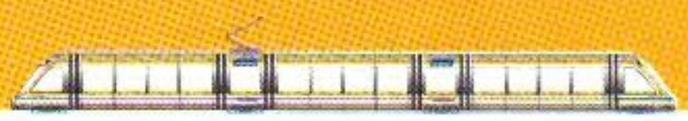
vii) a supervisão dos trabalhos de construção e de montagem dos equipamentos. Além das actividades inerentes à garantia da correcta materialização dos projectos de execução deve ser explorada a mais valia resultante de quem faz a fiscalização da obra pertencer à mesma equipa responsável pelo planeamento e controlo de custos, garantindo, assim, fluxos de informação agilizados e integrados, com pequenos tempos de reacção;

viii) a implementação de normas de qualidade e segurança de acordo com a legislação existente e as práticas internacionais usuais.

Em termos de custo para o Dono da Obra, não faz sentido, igualmente, comparar estas duas abordagens, uma vez que a Gestão de Projecto implica a mobilização de equipas com várias valências a tempo inteiro, acabando por funcionar como um sistema de controlo e de apoio à decisão, por parte de Dono da Obra.

Independentemente, destas considerações, o sucesso duma Gestão de Projecto passa sempre, também, pelo tipo de relação que se constrói entre o Dono de Obra e o Gestor de Projecto, que tem de se assumir, nitidamente, como elementos de uma mesma equipa.

A Gestão de Projecto que o Consórcio se propõe efectuar no Projecto do Metro do Porto terá em atenção a abordagem metodológica que antes se apresentou, devidamente adaptada às especificidades e características próprias deste empreendimento.



Tratando-se duma intervenção numa área urbana consolidada, com dinâmicas populacionais e sociais intensas e com um importante património histórico e cultural, as preocupações foram redobradas tendo sido necessário equacionar preocupações de índole ambiental e social nem sempre comuns a todos os projectos. A estas preocupações juntou-se uma componente importante de Revisão de Projecto, na linha do que já anteriormente se referiu, envolvendo consultores nacionais e internacionais, tendo, também, em atenção o facto de se tratar de um empreendimento de concepção-construção.

Houve, igualmente, a necessidade de considerar a implementação de um adequado Sistema de Gestão de Qualidade, a que ajudou o facto das três empresas que constituem o Consórcio serem certificadas com a ISO 9001.

O Consórcio começou em finais de Maio de 1999 a mobilizar a sua equipa técnica para apoiar com total empenhamento o Metro do Porto no desenvolvimento deste Projecto, que revolucionará o conceito das acessibilidades regionais e locais e contribuirá, sem dúvida, para o desenvolvimento sustentável de toda a região.

Aspectos Ambientais do Metro do Porto

"empreendimento viável, e... desejável"

DRA. SOFIA ARRIAGA
COBA - Consultores para Obras, Barragens e Planeamentos, S.A.

1. Os estudos ambientais do metro do porto

Os estudos ambientais do Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto encontram-se consubstanciados no Estudo de Impacte Ambiental (EIA), documento efectuado de acordo com a legislação ambiental (Decreto-Lei nº 186/90 de 6 de Junho e o Decreto-Regulamentar nº 38/90 de 27 de Novembro), que visa apoiar a tomada de decisão integrando a avaliação ambiental.

A avaliação ambiental de um empreendimento permite identificar e classificar os principais impactes negativos e positivos que estão associados à sua construção e à sua exploração, por forma a contribuir para a optimização dos benefícios e determinar a viabilidade ambiental desse empreendimento.

No âmbito dos estudos ambientais analisaram-se diferentes temas ambientais, incluindo aspectos climáticos, geológicos, ecológicos, de qualidade do ambiente e da paisagem, bem como aspectos sociais, económicos, culturais, de planeamento e legais.

Nem todos estes aspectos foram abordados de igual forma e com o mesmo grau de pormenor nos estudos ambientais, tendo-se identificado previamente, de acordo com a natureza do empreendimento em avaliação e a respectiva área de inserção, os aspectos que poderiam ser potencialmente mais importantes e que por isso foram objecto de análises mais profundas.

Pelas áreas temáticas que abarca, estes estudos são habitualmente desenvolvidos por vastas equipas envolvendo as diversas especialidades, com destaque para aquelas que se identificaram como mais importantes, quer pelas implicações negativas esperadas, quer pelas implicações positivas em perspectiva.

Outro aspecto importante destes estudos prende-se como a proposta de medidas de controlo dos impactes ambientais, com as quais se visa melhorar a integração ambiental do empreendimento. Essas medidas são designadas por mitigadoras, quando visam fazer diminuir as incidências negativas, ou valorizadoras quando, com a sua aplicação se pretendem maximizar, de forma mais objectiva, os benefícios ambientais do empreendimento.

2. o empreendimento em avaliação

A execução do Metro do Porto encontra justificação regional e metropolitana, em termos so-ciais, económicos e ambientais, e enquadra-se na necessidade de se

criar **um transporte público de elevada capacidade**, que garanta:

- condições de fluidez de circulação no centro do Porto;
- modernização e integração em rede dos sistemas de transporte público rodoviário e ferroviário;
- serviço de qualidade para o tráfego pendular diário desta região metropolitana;
- redução da pressão sobre infraestruturas e sistemas de transporte em geral, e na travessia do Douro em particular;
- aposta em interfaces para a redução do congestionamento das rodovias e para atenuar os problemas de estacionamento em zona urbana;
- mais adequada gestão do tráfego rodoviário, colectivo e individual, bem como dos sistemas urbanos;
- redução das emissão de gases, ruído, consumo de energia, tempos de deslocação, acidentes, com os consequentes efeitos positivos para a qualidade de vida urbana;

A rede afecta do Metro do Porto integra diversas linhas, nas quais serão efectuadas intervenções diferenciadas; com um total de cerca de 70 km, compreende de reabilitação de linhas existentes em 50 km e a construção de Linhas Novas em 20 km das quais, 12 km serão à superfície e 8 km subterrâneas, viabilizando ainda a sua expansão no Porto e na AML.

O sistema integra 67 estações de passageiros modernamente equipadas e aprazíveis, e 8 estações intermodais e dois parques de máquinas equipados para assegurar a gestão e a manutenção dos sistema.

Para além do empreendimento do Metro, referem-se ainda outros que com ele estão intimamente ligados, dado que deles depende a maximização dos benefícios associados à exploração deste sistema de transportes públicos de elevada capacidade: a futura **Ponte do Infante D. Henrique** (EN222/Fontaínhas) e diversas interfaces modais de transportes.

3. A região e o ambiente actual

Uma importante etapa dos Estudos de Impacte Ambiental consiste na determinação das condições ambientais da região a ser servida pelo sistema, incluindo o estabelecimento de um cenário de uso e ocupação actual e prevista do solo, por forma a permitir a identificação e classificação dos impactes a causar pela construção e exploração, de acordo com o projecto em desenvolvimento.

O Metro do Porto desenvolver-se-á na sua quase totalidade no interior da Área Metropolitana do Porto, na qual se concentra cerca de 12% da população do continente e 33,6% da Região Norte e, em pequena extensão, na Região do Ave, em espaços de povoamento concentrado e de elevada densidade, em particular no centro do Porto, ocupando os seguintes **concelhos e freguesias:**

- **Porto** - Sé, Santo Ildefonso, Paranhos, Campanhã, Bonfim;
- **Vila Nova de Gaia** - Mafamude e Santa Marinha (junto ao rio);
- **Maia** - Maia, Barca, Moreira, Gemunde, Santa Maria de Avioso, S. Pedro de Avioso e Vila Nova da Telha;
- **Matosinhos** - S. Tiago de Custóias, Guifões, Sra. da Hora, Leça do Bailio e Matosinhos;
- **Vila do Conde** - Vilar de Pinheiro, Vila Chã, Vilar, Mindelo, Modivas, Árvore, Azurara, e Vila do Conde;
- **Póvoa de Varzim** - Póvoa de Varzim;
- **Santo Tirso** - Muro, S. Martinho de Bougado e S. Tiago de Bougado.

Região de clima temperado, ocupa plataforma de erosão, de baixa altitude e próxima do mar, essencialmente de formação granítica, onde assentam aluviões modernas.

Relativamente a aspectos de qualidade do ambiente, nomeadamente de qualidade do ar, ruído e valores

ecológicos, verifica-se que a qualidade é ainda bastante boa nas zonas rurais, enquanto que nas zonas urbanas se encontra bastante comprometida, situação que decorre da grande concentração urbana e demográfica, que induzem tráfego intenso e concentração industrial.

Apesar de se ter vindo a investir nas redes rodoviárias e ferroviárias, o esforço evidencia alguns melhorias a nível nacional, mas não tem sido acompanhado dos mesmos benefícios a nível das deslocações diárias por motivos de emprego, registando-se elevada pressão urbana de difícil resolução, em função da estrutura urbana e patrimonial do centro do Porto, de malha estreita com edifícios antigos, dificultando fortemente a definição de aceitáveis condições de acessibilidade.

Assim, as características urbanas destes espaços, onde se regista elevada concentração populacional e deficientes condições de acessibilidade, as quais se estendem rapidamente aos espaços periféricos determinam, apesar do aumento médio das condições sociais e económicas da população, uma deficiente qualidade de vida e da paisagem urbana.

4. Construção do Metro e os aspectos ambientais negativos

Da análise ambiental efectuada ressalta que os impactes negativos associados ao Metro do Porto, estão fundamentalmente relacionados à fase de construção, enquanto que os principais benefícios estão relacionados com a fase de exploração.

Os impactes negativos associados à construção do Metro encontram-se directamente relacionados com a complexidade da estrutura urbana da área a ser atravessada, exigindo que se considerem estruturas complexas, nomeadamente de túneis, por forma a assegurar a maximização dos benefícios do empreendimento na fase de exploração, ou seja, fluidez de circulação em segurança, conforto e pontualidade, compatíveis com um transporte público de elevada qualidade, permitindo uma efectiva melhoria da estrutura urbana e das condições de vida.

Contudo, será a construção destes túneis, pelo volume e natureza das obras que lhe estão naturalmente associadas, e seu desenvolvimento em zonas urbanas complexas, que poderão induzir impactes negativos significativos nesta fase, intervenções essas que contudo serão limitadas no tempo e no espaço.

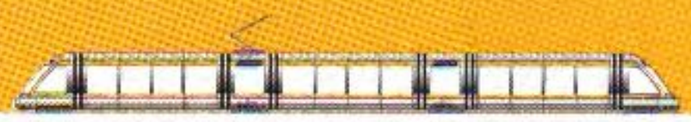
Em síntese, os principais impactes negativos associados ao Metro deverão ocorrer na fase de construção, e estarão relacionados à construção de túneis em zonas densamente urbanizadas, podendo registar-se:

- eventual afectação de fundações de edifícios e monumentos na cidade do Porto;
- produção de ruído e poeiras e dificuldades de circulação rodoviária
- perturbação da qualidade da vida, por degradação das condições de habitabilidade e/ou de laboração e de forma mais negativa a população residente e os receptores sensíveis (unidades de saúde, ensino, recreativas, de lazer e desportivas);

Contudo, as condições de execução da obra deverão assegurar, a par de medidas ambientais propostas, que estas perturbações sejam minimizadas.

5. A exploração do Metro e os benefícios ambientais

Devido à introdução de uma rede de transportes públicos de elevada qualidade, à fase de exploração do Metro do Porto estarão associados benefícios ambientais na generalidade classificados como positivos e de magnitude e significância mediana a elevada, os quais se prendem com os seguintes aspectos:



- melhoria significativa da oferta do sistema de transportes públicos de qualidade;
- diminuição e melhor gestão do tráfego rodoviário (individual e colectivo);
- diminuição da pressão sobres as estruturas viárias, urbanas e de estacionamento;
- diminuição dos consumos de combustíveis devido à redução do tráfego rodoviário;
- diminuição da poluição atmosférica, hídrica e sonora nos principais núcleos urbanos;
- melhoria significativa das condições de vivência e qualidade urbanas;
- dinamização e valorização urbana, social e económica do centro do Porto;
- dinamização e valorização das actividades comerciais e turísticas, com destaque para a visitação da zona classificada como Património Mundial;
- diminuição do efeito barreira imposto pelo rio Douro;
- melhoria da acessibilidade local, regional e metropolitana, com diminuição global dos tempos médios de viagem, com destaque para as deslocações pendulares em transporte público, e ainda, potencialmente, em transporte individual;

Assim, os **impactes positivos directos** estarão relacionados com a **melhoria da oferta de transportes públicos**, aliando o conforto e comodidade do veículo a uma fiabilidade, frequência, flexibilidade, adaptabilidade e regularidade no fornecimento do serviço, condições indispensáveis à promoção de um serviço público de qualidade.

Estas características deverão contribuir para a substituição da circulação rodoviária (pública e privada) para o Metro, garantindo a diminuição da circulação rodoviária nos centros das cidades, principalmente do Porto, Gaia, Matosinhos e Maia e, consequentemente, para uma melhor qualidade de vida e gestão urbanas.

Identificaram-se igualmente **impactes positivos indirectos**, em termos de **qualidade de vida**, associados à exploração do Metro, os quais se farão sentir a dois níveis:

- **diminuição das emissões de poluentes atmosféricos e de ruído devidos ao tráfego rodoviário público e individual**, com **melhoria generalizada na AMP** e, especificamente, nos principais corredores servidos pelo empreendimento em apreço.
- **diminuição da tensão ("stress") urbana, ou seja, promoção de condições para o maior conforto, qualidade e segurança na circulação pedonal e rodoviária** remanescente, com incidências **particularmente positivas no centro do Porto**.

Como impactes positivos refere-se ainda a redução do tempo gasto nas deslocações diárias (incluindo o estacionamento e situações de congestionamento de tráfego), com redução da tensão associada a condução diária conflituosa e redução dos custos directos e indirectos (combustíveis, manutenção e estacionamento e de saúde), com benefícios expressivos no bem-estar e economia familiares.

A nível local, a mudança de parte do transporte rodoviário (colectivo e individual) para o sistema de Metro implicará na diminuição da poluição atmosférica e acústica, melhoria da circulação rodoviária, melhoria da qualidade de vida urbana e habitacional, melhoria das condições de laboração e das actividades comerciais e de serviços nos lugares centrais, e aumento da mobilidade pedonal e rodoviária para a população local que beneficiará de menor pressão nos seus acessos locais.

As implicações positivas nas rodovias e estruturas urbanas incidirão, igualmente de forma positiva, na melhoria da gestão municipal dos territórios interferidos, pela diminuição dos efeitos negativos em monumentos e edifícios, beneficiação de arruamentos, na introdução de adequadas interfaces rodo-ferroviárias de trans-

portes públicos e criação de zonas de estacionamento adequadas.

Nas linhas de Trofa e da Póvoa, registar-se-ão consideráveis benefícios com o novo sistema, os quais estarão associados à melhoria do serviço prestado, introdução de composições mais confortáveis, aumento da frequência, regularidade e rapidez nos percursos. A estes aspectos dever-se-á ainda acrescentar a expansão da rede e aumento do número de estações de origem/destino.

Simultaneamente, para maximizar estes benefícios verificar-se-á uma melhoria da integração destas estruturas com os espaços envolventes (melhoria das passagens de nível com introdução de desnivelamentos e/ou automatismos), com diminuição dos riscos de acidentes, melhoria dos acessos para a população local, entre outros.

Em síntese, a exploração do Metro assegurará uma melhoria da mobilidade urbana, com destaque para o forte incremento da mobilidade em transporte colectivo, tornando-se ainda atractivo para parte dos actuais utilizadores de transporte individual, e melhorando para os restantes a sua própria mobilidade individual.

Na perspectiva de maximizar os impactes positivos do empreendimento na fase de exploração, foram ainda recomendadas medidas valorizadoras dos impactes positivos do Metro para a fase de exploração, quer dificultando o acesso ao centro, quer incrementando as condições de conforto no uso da rede.

6. Medidas para minimizar os impactes da construção

Como se infere da avaliação ambiental efectuada, estarão associados à implementação do empreendimento alguns impactes negativos localizados, para os quais são indicadas medidas minimizadoras que visam reduzir os problemas associados à realização do Metro do Porto.

As medidas a adoptar na fase de construção prendem-se, por um lado, com procedimentos e cuidados a desenvolver no decurso das obras, ou com dispositivos a incorporar no projecto por forma a viabilizar e maximizar os benefícios do empreendimento na fase de exploração.

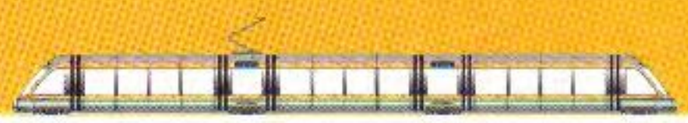
Convém, no entanto, sublinhar que haverá aspectos dificilmente minimizáveis, associados ao facto de esta infraestrutura se desenvolver em zonas de elevada complexidade urbana e populacional, onde usos sensíveis (ex.: unidades de saúde e ensino) se localizam muito próximo das linha previstas e existentes.

Assim, e tendo em atenção as características construtivas do empreendimento, serão adoptadas diversas medidas mitigadoras que compreendem, no essencial, **medidas geotécnicas, patrimoniais e de protecção acústica, atmosférica e de qualificação urbana nos principais locais a serem afectados.**

O empreendimento deverá ainda ser sujeito, na fase de obra, a tratamento estético de qualidade, tendo em vista a sua valorização face à zona envolvente. A integração paisagística deverá compreender o tratamento estético de barreiras acústicas, de obras de arte, de estações, viadutos, emboquilhamentos, bem como dos muros de contenção e taludes.

7. Recomendações para aumentar os benefícios do Metro

As medidas a incorporar no projecto do Metro visam minimizar eventuais impactes negativos da fase de exploração e, simultaneamente, maximizar os seus benefícios ambientais, sociais e económicos, dado que



visam o aumento da capacidade de atrair a maior parte da população que actualmente circula em transporte colectivo rodoviário, e parte daquela que se movimenta em transporte individual.

Para criação de condições atractivas, propôs-se a introdução de elementos que assegurem a capacidade de reposta do Metro, diminuindo as situações de acidente e conflitos com a estrutura urbana (como por exemplo pela adopção de sinalização prioritária para o Metro nos cruzamentos) tendo-se preconizado a sua máxima integração com os espaços atravessados, ao nível estético, acústico e de segurança, com destaque para as entradas e saídas dos túneis, envolventes de espaços públicos e pedonais etc., recorrendo-se a pavimentos diferenciados ou especiais, entre outros.

Para cumprir a atractividade do sistema, deverão ainda ser criadas condições que permitam aos potenciais utentes aperceberem-se da qualidade do Metro e sua efectiva capacidade de responta às exigências de qualidade, conforto e segurança que poderá oferecer, quer no serviço urbano, quer no suburbano, assegurando ainda inegáveis vantagens, face ao uso do transporte individual, aos potenciais utilizadores.

Outras medidas deverão ser adoptadas pelas entidades públicas que beneficiam do uso deste transporte público, destacando-se as entidades que gerem os espaços urbanos, função da diminuição de custos de gestão urbanística, no que respeita à manutenção de vias, estacionamentos, degradação de edifícios, saúde pública, etc..

8. Considerações finais

O **Metro do Porto**, sistema de transporte público de elevada qualidade, será um elemento estruturante e de grande importância para a **melhoria ambiental e urbana da Região Metropolitana do Porto**, ao contribuir para a **diminuição do tráfego rodoviário, público e individual, estacionado e em movimento, nas principais cidades e seus acessos**, com benefícios significativos na dinamização da actividades económica, social e cultural, e na valorização urbana e ambiental dos espaços directa e indirectamente servidos por esta infraestrutura.

Contudo, na fase de construção do Metro poderão ocorrer impactes negativos, associados a elevados níveis de obras, devido à construção de túneis, em zonas de elevada concentração populacional e de actividades, já manifestamente conturbadas.

Os impactes negativos podem ser minimizados, sendo claramente suplantados pelos benefícios directos e indirectos associados à exploração do Metro, podendo-se concluir pela não detecção de impactes negativos susceptíveis de o inviabilizar.

Foram ainda propostas medidas para maximizar os benefícios ambientais do Metro na fase de exploração, as quais passam, no essencial, pela manutenção e publicitação de um sistema de elevada qualidade, adequadamente interligado com outros sistemas de transporte, bem como com as estruturas urbanas atravessadas.

A qualidade urbana e ambiental devida à redução do tráfego rodoviário, implicará numa diminuição do ruído e de vibrações, da poluição hídrica e atmosférica, associada aos motores de combustão, diminuição da tensão, fadiga e estafa, em resultado da maior fluidez nos movimentos, menor pressão na rede viária e nos estacionamentos, melhor vivência urbana e melhores condições de acessibilidade para a população local ou para outras deslocações ocasionais, nomeadamente da região, do país ou turística.

O seu atravessamento em profundidade na cidade do Porto (túneis) contribuirá para que os benefícios urbanísticos referidos sejam muito expressivos nesta cidade, pelo que se pode considerar que o "empreendimento é viável, e... desejável"

As Interfaces: Elemento Determinante do Sucesso de Um Sistema de Transportes. O Caso do Metro do Porto

PROF. JOSÉ VIEGAS
Administrador-Delegado
TIS, Transportes, Inovação e Sistemas

ENG. FAUSTINO GOMES
Técnico Sénior
TIS, Transportes, Inovação e Sistemas

ENG PEDRO SANTOS
Técnico Principal
TIS, Transportes, Inovação e Sistemas

1. Um pouco de História: a evolução da mobilidade e as interfaces

Na maioria das cidades e por muitas décadas, as redes de transporte público tinham uma estrutura radial quase pura, ligando o centro, onde praticamente ocorria toda a actividade, às zonas mais periféricas, onde residiam as populações trabalhadoras.

Esta localização das actividades levava a que poucos passageiros necessitassem de fazer viagens implicando transferência (ou transbordo) entre duas linhas ou modos, limitando a necessidade de pontos de cruzamento de linhas e modos a um número muito reduzido. Estes pontos, quando existam, não eram resultado de uma necessidade de desenho de redes mas sim resultado de coincidências geográficas, e quase sempre, não eram alvo de qualquer arranjo físico.

Com a progressiva alteração desta estrutura radial, com a crescente complexidade das deslocações, e consequentemente menor capacidade de oferta de transporte directo entre os principais pólos geradores e atractores, o conceito de interface começa a ganhar relevância, tendo as interfaces de transportes vindo, progressivamente, a ser encaradas de forma diferente, acompanhando esta evolução da mobilidade.

Nas primeiras interfaces, a grande preocupação concentrava-se no seu desenho, prevendo caminhos curtos, fáceis e seguros para os passageiros em trânsito entre dois modos e, em paralelo, na criação de boas condições de circulação nos acessos à interface pelos diversos modos. Embora esta continue, e bem, a ser uma visão frequentemente adoptada no planeamento das interfaces, mais recentemente juntou-se-lhe a preocupação em prestar informação relevante aos passageiros em trânsito.

Mas, à medida que a interface vai possuindo mais e melhores equipamentos, torna-se também mais cara de construir e, sobretudo, de manter. Daí que, associada ao desenho e gestão da interface, surja posteriormente, como um desenvolvimento natural, a busca de soluções para aumentar as suas receitas, visando pelo menos a cobertura dos seus custos de manutenção. Frequentemente, a solução encontrada passa pela criação e aluguer de espaços comerciais na interface, à semelhança do que se verifica nos aeroportos, sendo a sua oferta ao mercado baseada nos importantes fluxos de passageiros concentrados na interface que constituem um potencial de procura comercial grande. Casos há, no entanto, em que a perspectiva de gerar importantes receitas através do aluguer de espaços possa não ser encarada como uma fórmula de sucesso.

A permanente e constante evolução da mobilidade, o crescimento das cidades em direcção aos subúrbios, a cada vez maior dificuldade que a rede de transportes públicos tem em oferecer boas ligações, tem conduzido à adopção de novos conceitos de rede, entre os quais se destaca um conceito de rede do tipo "hub and spoke", à semelhança do utilizado pela aviação comercial, no qual os transbordos são efectuados num reduzido número de pontos mas com grande qualidade e tempos de espera curtos. Este conceito de rede para além de ser simultaneamente mais legível para o utente não regular e muito mais equitativo nos níveis de acessibilidade que oferece, confere às interfaces um importante papel de coordenação entre linhas e serviços, tornando-as em autênticos centros de mobilidade e não meros pontos de passagem.

É com base neste tipo de desenvolvimento que se pensa ser possível ir ainda mais longe, equipando as interfaces e áreas envolventes com um conjunto de actividades e funções que, para além de atrair clientes para esses serviços, o faça com uma repartição modal mais favorável ao transporte público.

Com esta estratégia de localização de actividades, promove-se fortemente o papel do transporte público como fornecedor de acessibilidade a actividades sociais e de lazer, com o consequente aumento do número de viagens em transporte público.

2. A importância das interfaces nos sistemas de transportes

Fica assim clara a importância que as Interfaces têm vindo progressivamente a assumir nos Sistemas de Transportes, como reconhecimento de que estes sistemas devem fornecer melhores condições aos passageiros, mas também porque a crescente complexidade das redes de transporte tem induzido ao crescimento da percentagem de viagens em que existe necessidade de efectuar transbordos.

Reafirme-se que esta necessidade de transbordo é, na maioria dos casos, encarada como uma deficiência do sistema de transportes na altura da opção por um determinado modo de transporte, pelo que cabe às interfaces minorar esta percepção negativa do transbordo por parte dos clientes do sistema.

O carácter sistémico da função "mobilidade urbana" recomenda a sua abordagem global e integrada, onde os diferentes subsistemas – transporte individual, transporte público colectivo, políticas de estacionamento, desenvolvimento urbanístico, etc. – possam ser considerados de uma forma flexível, não hipotecando a eficácia do todo em favor da satisfação do interesse de um modo em particular.

Cabe às entidades responsáveis pelo planeamento e gestão das redes de transportes, criar as condições para que as interfaces entre modos de transporte possam ser entendidas pelos passageiros como mais uma etapa dentro da viagem, e não como um obstáculo a vencer no decorrer da mesma.

Nesta perspectiva, as estações de interface entre os diversos modos de transporte devem ser alvo de especial atenção, evitando que soluções menos conseguidas de relações inter-modais ou de lay-out interno possam funcionar como factor de dissuasão à utilização do sistema de transportes. Igualmente, não podem ser descurados aspectos fundamentais como a sua gestão integrada, a sua manutenção e o seu papel principal na atractividade do sistema de transportes.

3. O Metro do Porto e suas interfaces com outros modos de transporte

A entrada em funcionamento da rede do Metro do Porto irá criar uma nova e muito forte alternativa de transporte não só no acesso à cidade do Porto como também no seu interior. No entanto, só será possível potenciar esta nova oferta de transporte se se assegurarem condições aos possíveis clientes para passarem a utilizá-la. Uma dessas condições passa pela criação de interfaces com os outros modos de transporte colectivo (TC) e com o transporte individual (TI).

No seguimento de outros trabalhos já desenvolvidos para a empresa Metro do Porto (MP), a TIS está a realizar um estudo com o objectivo final da elaboração de uma Proposta de Localização e Pré-Dimensionamento de Interfaces, como forma de obter uma base de trabalho que permita ao MP tomar decisões sobre a calendarização das intervenções e suas formas de financiamento, bem como promover estudos ao nível de projecto para as áreas de intervenção seleccionadas.

São alguns dos princípios metodológicos que estão na base deste Estudo, bem como alguns dos resultados entretanto já obtidos, que se apresentam seguidamente. Ressalve-se o facto destes resultados deverem ser considerados como preliminares, já que o estudo se encontra em discussão interactiva com a empresa Metro do Porto, tendente a conseguir senão a melhor proposta de interfaces, pelo menos uma boa proposta, que face às condicionantes exógenas ao próprio sistema do MP, permita cumprir dois objectivos fundamentais:

- conferir coerência ao sistema de transportes colectivos, em que a rede do MP deve ser entendida como elemento estruturante;
- oferecer aos clientes do sistema as melhores condições para a utilização do transporte colectivo, quer através de cadeias de viagem integralmente em transporte colectivo, quer através de cadeias mistas (transportes individual e colectivo) incluindo esquemas de Park&Ride ou Kiss&Ride.

3.1. Potencial das estações MP para interface – Transporte individual e colectivo

Ao estabelecer a sua cadeia de viagens diária, cada pessoa passará a contar, a partir da entrada em funcionamento da rede do MP, com um novo modo no sistema de transportes. Assim, cada estação do futuro sistema de Metro poderá vir a captar um determinado número de viagens em função da sua localização, dos seus acessos rodoviários (em automóvel particular ou em transporte colectivo rodoviário) e do tempo global de viagem daí resultante. Com base nesse potencial de captação de cada estação (que teve em conta, entre outros aspectos, como as actuais matrizes de procura e linhas de desejo futuras, a acessibilidade às estações, a acessibilidade nos modos concorrentes e complementares), foi possível propor uma estrutura base para o sistema de interfaces do MP com os outros modos de transporte, estrutura esta que resulta num sistema **Radia**l (ao logo das linhas do MP) e Concêntrico (por níveis de distância ao Porto), conforme se pode verificar na Fig.1.

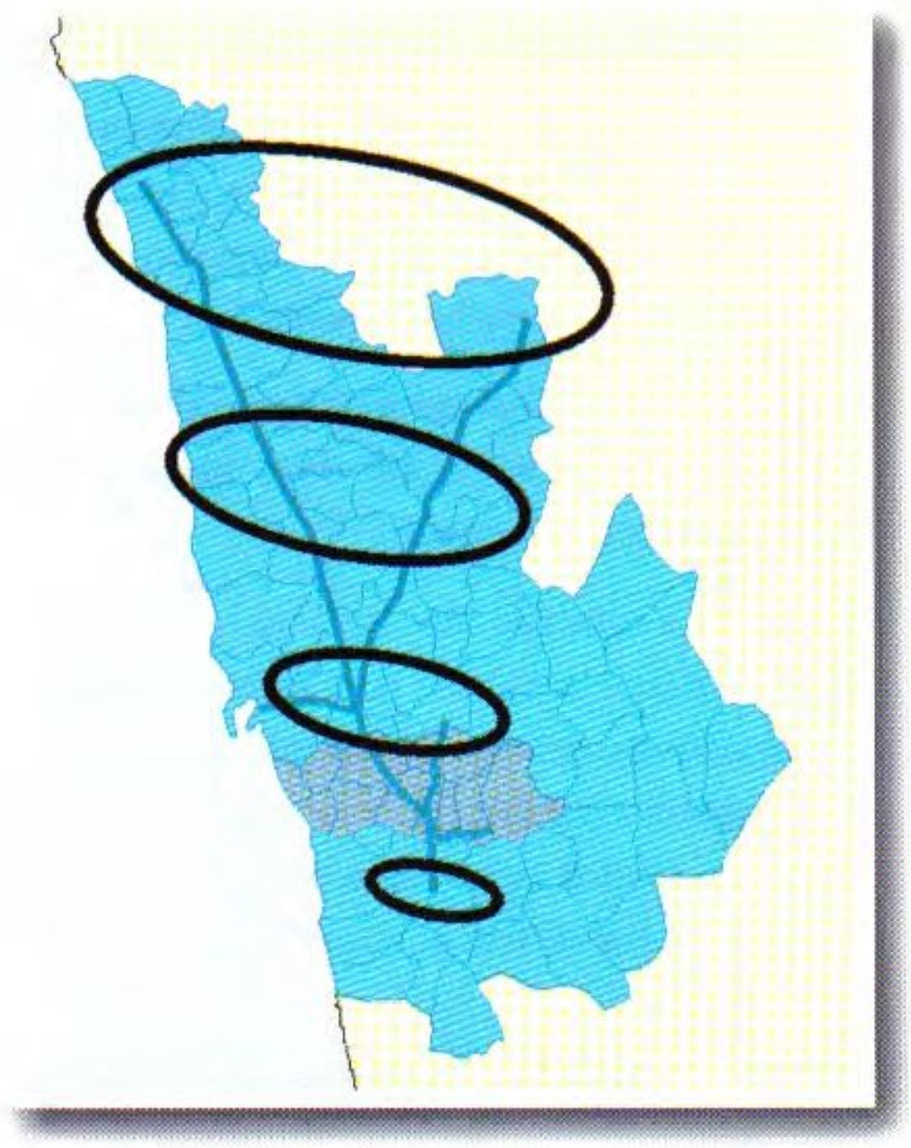


Fig. 1 - Estrutura Base da Rede de Interfaces com o MP

Embora a metodologia utilizada para análise dos fluxos nas estações repartisse o tráfego em função da sua forma de chegada à estação (o que se revela fundamental para uma estimação, por exemplo, da dimensão do parque de estacionamento ou do número de baias de estacionamento de autocarros), naturalmente, a análise de cada estação foi feita de forma integrada.

3.2. Interfaces com o transporte individual

Na análise das interfaces com o Transporte Individual foi desenvolvido um conceito de níveis de interface baseado na sua importância para o sistema. Foram definidos três níveis:

- **Interfaces de 1º nível** – interfaces que, ou pela sua função estratégica relativamente à rede, ou pela sua capacidade de captação de fluxos a outros modos (nomeadamente do transporte individual), são fundamentais à coerência do sistema de transportes. Como tal, deverão ser construídas de molde a estarem prontas quando da entrada em funcionamento do sistema (ou da linha ou linhas que lhe respeitem);
- **Interfaces de 2º nível** – interfaces igualmente importantes, embora tipicamente de menores dimensões e que assumem um papel de nível intermédio entre a procura do sistema e as interfaces de 1º nível. Embora possam não estar em funcionamento quando da entrada em funcionamento do sistema do MP, é fundamental a sua construção como elementos de suporte do sistema, permitindo, nomeadamente, aliviar a sobrecarga das interfaces de 1º nível;
- **Interfaces de 3º nível** – consideradas como interfaces de proximidade, com função local, com parques de estacionamento de apoio, de pequena dimensão, a localizar em estações de menor procura. Terão duas funções: diminuir a procura de interfaces de níveis superiores, e captar fluxos locais que de outra forma poderiam não ser captados pelo sistema do MP. Recomenda-se a construção de uma interface deste nível em todas as estações que não venham a ser contempladas com interfaces de nível superior.

A esta recomendação contrapõe-se a sugestão de não construção de interfaces com o TI em estações situadas em perímetro urbano consolidado, sob o risco do investimento a fazer pelo MP venha a servir outras funções que não a função transporte. Exceptuam-se desta regra as estações terminais de linha que, pelo tipo de oferta de transporte e pela sua localização mais periférica, podem captar procuras específicas da função transporte ainda que situadas em perímetro peri-urbano. No entanto, será sempre fundamental encontrar um esquema tarifário que permita a utilização conjunta do parqueamento e do MP por forma a introduzir pequenas dificuldades ao estacionamento para outras actividades não associadas à função transporte.

De forma muito breve, e relativamente à captação de viagens ao TI, refira-se que os resultados confirmam as expectativas naturais – as estações com maior potencial são as estações terminais e as estações de confluência de linhas, com excepção feita à zona de Gaia em que todas as estações são importantes pontos de confluência de fluxos e possíveis locais para interface.

A análise inicial correspondeu à verificação de potenciais por grupos de estações, sendo depois verificadas localmente as condições para a exequibilidade física das interfaces em cada uma das estações de cada um desses grupos. Os resultados que aqui se apresentam correspondem ao nível mais agregado (grupos de estações), porque algumas decisões estratégicas do Metro do Porto, no que a este aspecto se refere, ainda estão por tomar, nomeadamente por necessidade de concertação entre todas as partes envolvidas no processo. Na figura 2 apresentam-se os grupos de estações resultantes, e nos parágrafos seguintes breves comentários sobre a sua estrutura.

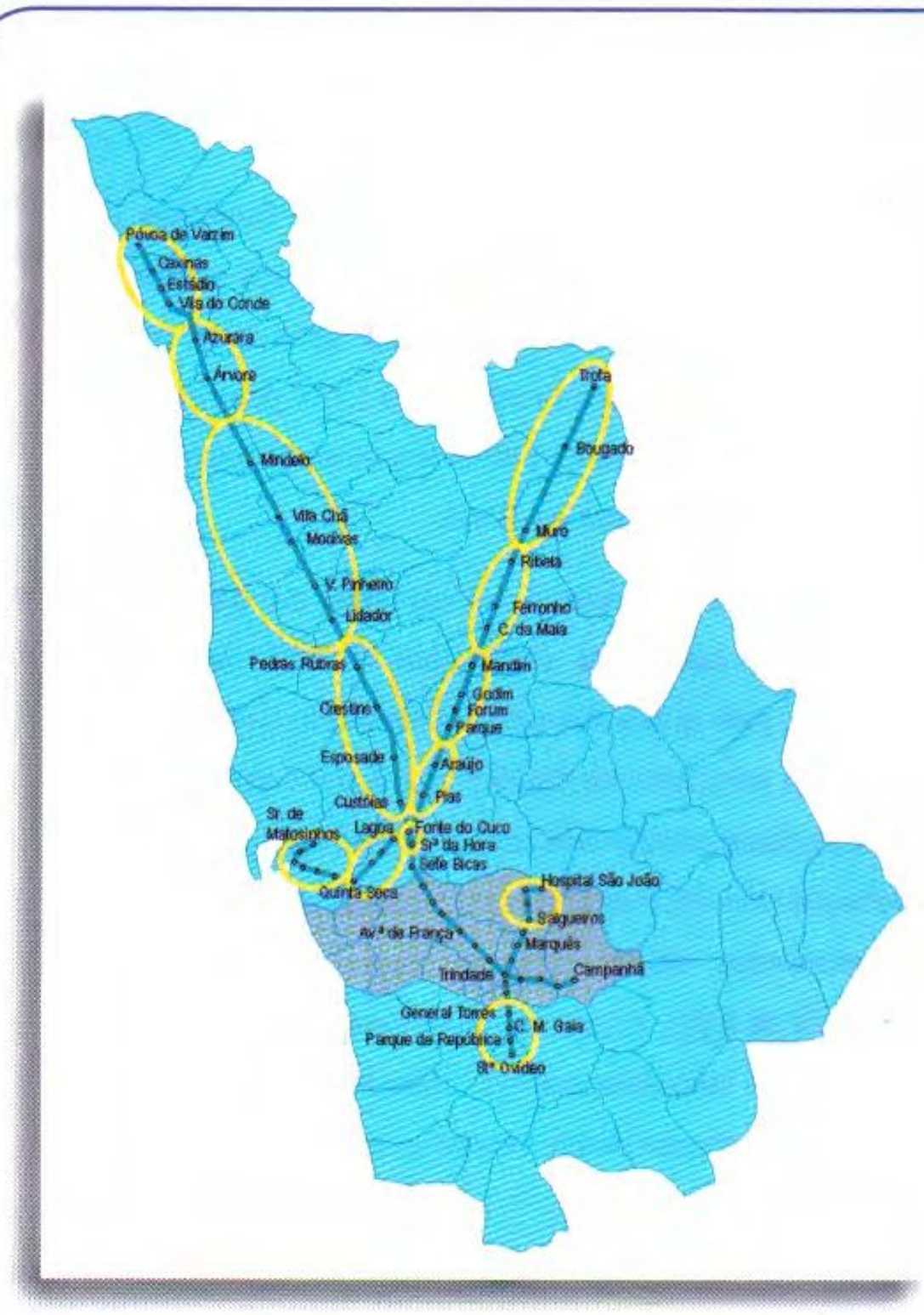


Fig.2 - Estrutura Base da Rede de Interfaces TI-MP

Brevemente, e por grupos de estações, importa reter:

Póvoa de Varzim, Caxinas, Estádio e Vila do Conde – a zona desde a Póvoa de Varzim a Vila do Conde tem um grande potencial de transferência induzida pela melhoria efectiva do serviço em transporte colectivo que se espera que o MP venha trazer. Relativamente à disponibilidade de espaço, quer a estação da Póvoa, quer a de Vila do Conde encontram-se muito restringidas, pelo que poder-se-á ter que optar por soluções intermédias de repartição de procura pelas diversas estações deste grupo. No seu conjunto deverá ser sempre entendida como uma interface de 1º nível;

Azurara, Árvore – Estas estações e respectivas interfaces com o TI poderão funcionar como elemento complementar das acima analisadas. Por razões inerentes à sua dimensão e tipo de procura, poderá ser dividido em dois pequenos parques a localizar junto de cada uma das estações (interfaces de 3º nível);

Mindelo, Vila Chã, Modivas, Vilar do Pinheiro e Lidador – O conjunto de lugares de estacionamento a oferecer nestas estações pode funcionar como elemento de dissuasão para as deslocações intermédias entre Vila do Conde e Senhora da Hora / Porto. Também aqui haverá vantagem em repartir a oferta de estacionamento por todas as estações, sendo que uma delas deverá

ser a estação de Mindelo (ou Lidador), por ser(em) a(s) que revela(m) maior procura de estacionamento;

Pedras Rubras, Crestins, Esposade e Custóias – Parques de características semelhantes aos parques anteriores (2º nível), embora servindo uma zona mais próxima do Porto. Esta proximidade torna este parque tão mais atractivo quanto piores forem as condições de circulação nos acessos ao Porto;

Muro, Bougado, Trofa – Infelizmente os dados de procura de base não abrangiam a área destas 3 estações, pelo que a sua procura estimada teve que ser calculada com base no conhecimento da mobilidade na zona (e desta comparada com a dos concelhos da Área Metropolitana do Porto) e em função de parâmetros de transferência modal. Mesmo assim, pela própria natureza da linha, e pela estrutura de interfaces radial – concêntrica cujo conceito se defende, parece importante a construção desta interface, com características de interface de 1º nível;

Castelo da Maia, Ferronho e Ribela – No conjunto destas estações justifica-se também a construção de parques de 3º nível, junto a cada uma das estações, para além das necessidades específicas que o novo Instituto Superior da Maia (Ferronho) possa a vir a gerar. Se Ferronho vier a ser efectivamente uma estação semi-terminal dos serviços até à Maia, então dever-se-á tentar que o parque de serviço a estas estações aí se situe, sendo necessário acautelar espaço para um parque de dimensão superior;

Parque, Forum, Godim e Mandim – Estas estações correspondem ao núcleo urbano da Maia, pelo que parte importante das deslocações em TI que serão transferidas para o MP passarão a ser deslocações puras em TC. Este grupo de estações está abrangido pela regra que se expressou de não construção de parques em zonas eminentemente urbanas, sob pena de estar a apoiar outras actividades que não a de transporte. No entanto, a conclusão do IC 24 torna este conjunto de estações particularmente atractivo para algumas áreas próximas, pelo que se aconselha acautelar a necessária reserva de espaço, faseando-se a construção em face da evolução da procura. Será, assim, pelo menos de considerar um parque de estacionamento de apoio eventualmente de 2º nível;

Pias e Araújo – Parque de apoio local, de 3º nível;

Senhor de Matosinhos, Mercado, Brito Capelo, Matosinhos Sul, Câmara Municipal de Matosinhos, Villa Garcia e Cruz Seca – Estas estações correspondem ao núcleo urbano de Matosinhos, pelo que parte importante das deslocações em TI que serão transferidas passarão a ser deslocações puras em TC. Pode eventualmente justificar-se um pequeno parque para quem venha do Norte do Concelho. Também para este conjunto de estações existe um fenómeno semelhante ao detectado nas estações centrais da Maia, aqui resultante da consideração do IP4 até praticamente ao centro de Matosinhos, o que o torna mais atractivo para algumas origens mais distantes;

Quinta Seca, Hospital Pedro Hispano, Barranha e Lagoa – Na sua essência, estas estações já se encontram no contínuo urbano entre Matosinhos e Porto, pelo que a consideração de zonas especiais para P&R não são recomendáveis, sob pena de serem usadas para outras funções que não a função transporte;

Senhora da Hora e Fonte do Cuco – Como resultado da metodologia aplicada verifica-se ser necessária uma interface de 1º nível na estação de Senhora da Hora. Reflectindo sobre a sua efectiva utilidade, duas perspectivas se contrapõem: uma, segundo a qual a grande proximidade à cidade do Porto fará com que os utilizadores do TI não venham a fazer cadeias de viagem do tipo P&R com base nesta estação; outra, segundo a qual há evidência de que estes parques periféricos têm uma procura muito grande (vidé o caso de

Lisboa e dos parques de estacionamento do Campo Grande e do Colégio Militar – ambos dentro da malha urbana da Cidade – em interface com o Metropolitano de Lisboa). Encontra-se em fase inicial um estudo mais aprofundado visando a necessidade de realização desta interface e das várias alternativas possíveis;

Santo Ovídeo (Parque República, General Torres e Câmara Municipal da Gaia) – A interface com o TI na zona da estação de Santo Ovídeo é muito importante para o descongestionamento das entradas Sul na Cidade do Porto, mas a sua procura poderá ser muito sensível às condições de circulação, bem como à facilidade no acesso ao próprio parque. No entanto, por razões da própria filosofia de transferência modal que se pretende com o MP, este parque, cujo potencial é muito grande, deverá ser construído e encorajada a sua utilização. Este também é, decerto, um parque de 1º nível – muito importante para a rede do MP;

Hospital, IPO, Polo Universitário e Salgueiros – O potencial de atracção do Hospital é muito grande, estando em curso um estudo mais aprofundado visando as possibilidade de realização desta interface e das alternativas possíveis.

3.3. Interfaces com o transporte colectivo

Embora o fluxo potencialmente captável ao transporte individual seja muito importante, será ao transporte colectivo que o Metro do Porto irá buscar boa parte dos seus clientes.

Sendo esta a realidade, especial cuidado deve ser dado às interfaces com o transporte colectivo rodoviário. Se é certo que para os utilizadores das interfaces com o transporte individual, a entrada no sistema corresponde a um primeiro transbordo, parte dos clientes MP provenientes do transporte colectivo poderão já ter efectuado um outro transbordo, o que reforça a importância de assegurar condições de qualidade para a sua realização, como factor fundamental para o sucesso do MP na captação de passageiros ao TC.

A perspectiva desejada para o sistema de transportes em que o MP se insere é baseada na complementaridade e não na simples concorrência, pelo que é legítimo admitir que muitos dos operadores de transporte rodoviário irão adaptar a sua oferta à entrada em serviço do MP, como modo estruturante. Uma vez que a frequência admitida para as três diferentes linhas a norte (Matosinhos, Póvoa e Trofa), não é tão elevada que assegure, por si só, a qualidade das correspondências, será importante que, para além dos aspectos relacionados com o design funcional das interfaces, essa qualidade seja assegurada por uma boa coordenação dos modos presentes na interface.

Sob um outro prisma, as estações dentro do Porto com maior potencial para interface com o TC correspondem a pontos importantes da actual rede da STCP, e como tal deverão ser tratadas. Em anteriores estudos realizados pela TIS sobre a rede da STCP, foi defendida e aceite, uma estrutura baseada em 5 pontos fortes, nos quais se procuraria dar boas condições de transbordo aos clientes do transporte público urbano: Carcereira, Marquês, Campo 24 de Agosto, Praça da Liberdade/Aliados e Praça da Galiza, dos quais apenas este último não será servido pela rede MP. Desta forma, seria conveniente que os maiores esforços de investimento e melhoria da qualidade das correspondências se concentrassem nos mesmos pontos das duas futuras redes.

Face a esta realidade, é aconselhável que se considerem 3 tipos distintos de interfaces, em função dos volumes de potenciais transbordos detectados:

- Interfaces com função estruturante. Estarão nesta classe as principais interfaces dentro da cidade do Porto (incluindo o Hospital), Santo Ovídeo e uma interface em Matosinhos;

- Interfaces de menor dimensão mas que exigem alterações físicas, e
- Arranjos pontuais junto das estações MP.

Do estudo resultam como interfaces com função estruturante, as seguintes:

- As estações Av. de França / Francos / Ramalde no seu conjunto representam uma procura interessante para o MP. Em anteriores estudos avaliou-se a viabilidade para a localização de uma interface na actual estação de recolha da Carcereira da STCP. Esta estação, graças à sua proximidade e facilidade de acesso à Via de Cintura Interna poderia vir a representar um papel equivalente ao que a interface de Campanhã desempenha no lado oriental da cidade, i.e., ponto de convergência das carreiras suburbanas na área ocidental da cidade, sobretudo das que entram pela Ponte da Arrábida, pela Via Rápida de Matosinhos e ainda pela Via Norte.

Por outro lado, esta interface concentra todos os fluxos vindos das zonas Oeste e Sudoeste da cidade. A ligação Carcereira – Estação de Francos do MP, não sendo a ideal, poderia cumprir-se com um pequeno percurso a pé ou através de meios mecânicos;

- As estações Aliados e São Bento, situando-se na baixa da Cidade do Porto, estão numa zona importante da actual rede da STCP (ou de qualquer sua evolução futura), concentrando os fluxos que vêm das zonas ocidental e oriental da cidade via marginal, incluindo zonas como a Foz, Massarelos, Alfândega e Ribeira;
- A interface do Marquês concentrará os fluxos actualmente entrados via Rua Costa Cabral e parte da Av. Fernão Magalhães. Por outro lado, a sua localização na única ligação Este - Oeste na área central da cidade (Ruas da Constituição e Damião de Gois) faz dela um ponto privilegiado para a localização de

uma interface. No entanto, o seu potencial poderá ser significativamente reduzido face à posição mais exterior que a interface do Hospital de São João ocupa no conjunto da rede, o que a poderá tornar mais atractiva para os fluxos vindos das áreas suburbanas a Norte e Nordeste;

- O Campo 24 de Agosto concentra grande parte dos fluxos entrados na cidade via São Roque da Lameira e Freixo. Desta forma, parte importante do potencial da estação do Bolhão poderá ser para aqui canalizado, assim como algum do potencial de Campanhã. Efectivamente, a zona do Bolhão, actualmente um importante terminal de carreiras da STCP, enferma de dificuldades de espaço.

Naturalmente, existem dentro do Porto duas outras interfaces muito importantes para o sistema:

- Campanhã para onde está prevista uma grande interface com o transporte rodoviário para concentração das carreiras da zona oriental da cidade e parte das carreiras da margem sul, para além da própria estação principal de caminho de ferro de longo curso da cidade. Por outro lado, o facto de ser uma estação terminal torna-a ainda mais atractiva para a localização de uma interface com o TC;
- A estação do Hospital de São João reúne um conjunto de características que a tornam uma escolha inevitável: é estação terminal de uma das linhas da futura rede MP; está na periferia da cidade junto da Estrada da Circunvalação (logo com bons acessos); é já hoje um ponto importante na rede da STCP e de outros operadores rodoviários; o Hospital de São João é um dos maiores (senão o maior) gerador de viagens da cidade; há espaço disponível (já afecto a funções relacionadas com os transportes públicos) para a construção de uma interface.

No caso particular da interface de Santo Ovídeo, a sua necessidade e importância são facilmente explicáveis. Trata-se da estação terminal da única linha que atravessa o rio Douro e, das 4 estações localizadas em Vila Nova de Gaia, é a única com reserva de espaço suficiente para a construção de uma interface multimodal.

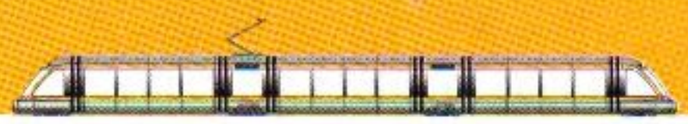
Por razões que se prendem com a política de promoção dos transportes públicos, é de toda a conveniência que esta interface, sendo planeada de raiz, o seja de uma forma conveniente e cuidada para permitir uma alternativa eficaz para o rebatimento das carreiras dos operadores privados que hoje operam na Avenida da República. Embora seja conveniente que alguns transbordos entre o transporte rodoviário e o MP se possam efectuar nas restantes paragens MP de Gaia, por forma a aliviar as solicitações em Santo Ovídeo, a maioria dessas transferências deverá ocorrer nesta estação, razão pela qual se torna imperioso garantir uma elevada funcionalidade e qualidade nesta interface.

Relativamente à interface em Matosinhos, a Câmara local lançou um concurso público para o estudo da localização de interfaces de transportes colectivos no concelho. Também aqui será especialmente importante a interacção entre as diversas partes envolvidas, como forma de fazer reflectir na estrutura / rede de interfaces do MP as conclusões desse estudo, apontando-se, no entanto, e como primeira escolha, a estação Mercado, quer pela sua localização, quer pela proximidade da actual estação de recolha de autocarros da Resende.

Quanto às interfaces de 2º ou 3º nível, as suas necessidades de espaço são certamente menos exigentes. No entanto, é aconselhável acautelar desde logo a possibilidade de, sobretudo nas paragens mais distantes do Porto, permitir o estacionamento em simultâneo de 2 autocarros standard, já que é nas estações situadas em áreas de menor densidade de oferta de transporte que será necessário assegurar uma maior coordenação de horários com os modos rodoviários de distribuição local.

4. Conclusão

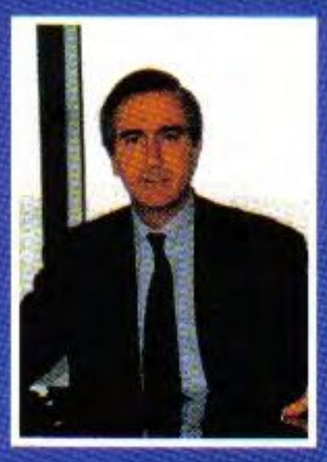
É fundamental, quando do desenho de redes de transportes, não esquecer a rede de interfaces, hierarquizada, por forma a que esta possa servir de inter-conexão



das diversas linhas e modos de transporte, mas também de importante factor de sustentação do sistema.

O programa de interfaces que a empresa Metro do Porto pretende levar a cabo insere-se dentro desta lógica, sendo certo que, para alcançar os objectivos pretendidos, será necessária a colaboração de todos os actores envolvidos, quer através da produção de sugestões tendentes à melhoria das soluções iniciais, quer através da disponibilização de espaços e meios para a sua realização.

Ponte Infante D. Henrique Uma Ponte Para o Século XXI



PROF. ADÃO DA FONSECA
AFA – Consultores de Engenharia, Lda

1 - Concepção da ponte

O concurso de concepção e construção da nova ponte a ser construída com o tabuleiro aproximadamente à mesma cota e a meio caminho entre a ponte Luiz I e a ponte D. Maria estimulava, de uma forma bem explícita, a uma concepção cujas qualidade técnica e qualidade estética teriam de ombrear com as pontes existentes, qualquer delas grandes obras de engenharia e que são actualmente componentes obrigatórias da paisagem urbana que recentemente viu o seu valor excepcional consagrado com a elevação do núcleo urbano adjacente à categoria de Património Mundial. A reforçar ainda mais a importância da obra a construir, foi decidido baptizá-la com o nome de Infante D. Henrique, sem dúvida um dos mais ilustres filhos da cidade do Porto e de Portugal.

Na Europa tem florescido recentemente uma tendência para conceber pontes repletas de meios de expressão desnecessários e decorativos, onde o único que triunfa é a retórica da ornamentação. Mas a Ponte Infante D. Henrique nasce antes de um discurso técnico rigoroso, embora sem renunciar a que a sua resolução constitua uma obra de total harmonia e dignidade.

Aliás, num momento em que os meios de cálculo e as tecnologias de construção permitem praticamente tudo, perante a grande confusão de formas, tipologias e imagens, o objectivo da solução para a Ponte é evitar qualquer excesso formal e alcançar com a sua estrutura a essência, quer dizer, enfrentar no desmedido a medida e libertar da confusão o simples.

As características conceptuais mais importantes do projecto são as seguintes:

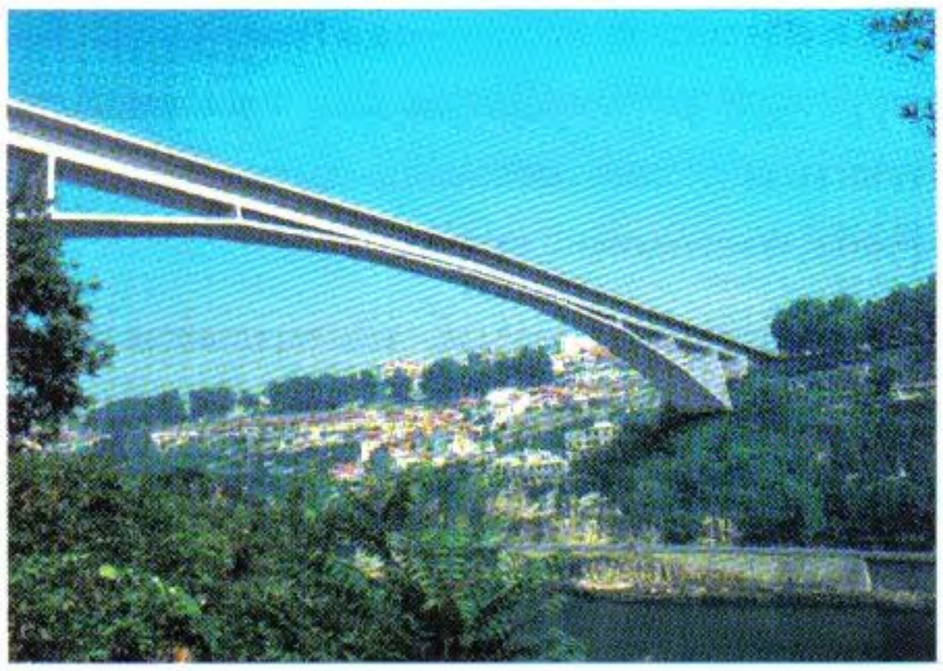
- Um grande respeito ao rio e às magníficas pontes históricas do Porto, tanto as antigas como as mais recentes. Isto significa que a nova Ponte não tenta competir com elas, mas sim tenta trazer uma nova solução formalmente discreta e elegante, ainda que de grande pureza técnica e de vanguarda hoje no mundo, tanto na sua concepção como na sua execução;
- Um grande respeito à cidade e ao seu particular perfil que se recorta no céu, evitando colocar elementos estruturais que se elevem sobre a rasante da Ponte.

O lugar onde se posiciona a Ponte no espaço urbano tem um carácter muito definido e de grande personalidade. Esta Ponte tem a intenção de não entrar em conflito com o perfil consolidado da cidade, evitando acrescentar novos elementos que o alterem.

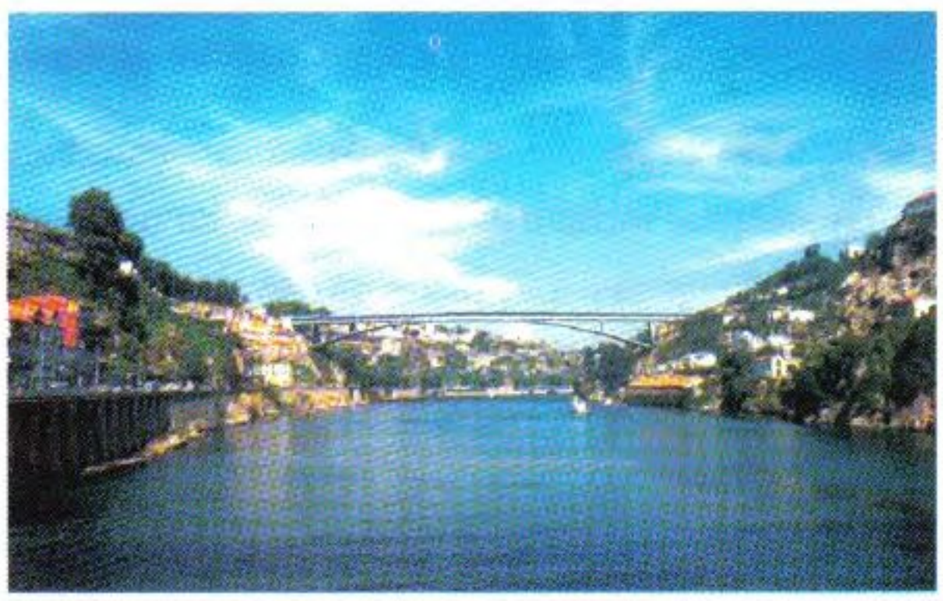
A solução que se apresenta é muito simples e neutra para a cidade, sem renunciar a uma tecnologia de vanguarda. Mas uma técnica que fica discretamente no seu lugar, sem aparecer aparatosamente, não ao serviço de uma pretendida "nova imagem" nem de um novo "adorno" urbano. O Porto não necessita de mais símbolos ornamentais e menos ainda quando são tecnicamente desnecessários.

"la simplicitè n`est pas un but dans l´art, mais on arrive à la simplicitè malgrè soi en s`approchant du sens rèel des choses"

Brancusi



Perspectiva da Ponte vista da margem esquerda



Alçado da Ponte vista do tabuleiro inferior da ponte Luiz I

Uma Ponte que, sem apoiar-se no leito do rio Douro, sem apoiar-se sequer nas suas margens, voa como um pássaro de Gaia ao Porto, com uma grande limpeza e sensibilidade, expressando-se do modo mais puro possível. Uma estrutura que voa, quase musical, afastada tanto do convencional como do ornamental.

Um arco singular e esbeltíssimo de grande vão, que se apoia de um modo natural e harmonioso nas zonas altas rochosas das ladeiras, projectando uma Ponte cujo tabuleiro tem no perfil do desenho uma força maior do que o arco.

Para além da sua beleza própria, sem quaisquer ornamentações, a Ponte será uma grande novidade mundial e original neste tipo de estruturas. Isto é, será uma Ponte para o Século XXI.

Uma Ponte com um carácter geométrico muito peculiar, formado por grandes planos, tanto os arcos como os montantes, e pela grande viga do tabuleiro de secção constante. A estrutura é um conjunto de rectas e planos, não de elementos curvos, que afinal melhor corresponde ao antifunicular dos esforços e facilita o processo construtivo. Este aspecto levemente quebrado, além de ser mais funcional, dá à Ponte uma personalidade muito especial.

Não há nada nesta Ponte que seja acrescentado decorativamente, não há nada que não responda às exigências funcionais. Tudo tem um sentido ao mesmo tempo estrutural e funcional. Por isso tem a virtude da simplicidade, a pureza estrutural e a regularidade geométrica.

Especial atenção foi ainda dada à iluminação, às guardas e ao separador central. Os guarda-corpos tem no seu desenho o espírito "minimal" da Ponte, reduzindo-se às suas formas simples e funcionais. Integrado nestes guarda-corpos, na estrutura do guarda-rodas e no separador central, situar-se-á a iluminação funcional, colocada a cota baixa, permitindo a iluminação dos percursos. Sem acrescentar formas verti-

cais desnecessárias (postes) e sem interferir com a visibilidade nocturna que proporcionará a sua travessia.

A iluminação de carácter exclusivamente decorativo resumir-se-á a uma iluminação sob o arco, acentuando apenas o seu arranque junto às escarpas e diluindo-se no sentido do seu comprimento. Mas claro, a iluminação superior tem, em si mesmo, um elevado valor decorativo.

Acentuará a Ponte proposta uma imagem de leveza na interligação entre as margens, assumindo a simplicidade que o local lhe confere e a humildade de forma que as margens lhe solicitam.

2 - Solução estrutural

A Ponte é constituída por dois elementos fundamentais em interacção mútua: uma viga-caixão, relativamente rígida, em betão armado pré-esforçado de 4,5m de altura constante, apoiada sobre um arco flexível em betão armado com 1,5m de espessura. O vão entre arranques do arco é de 280m e a flecha entre o fecho e os arranques é de 25m, numa relação superior a 11/1.

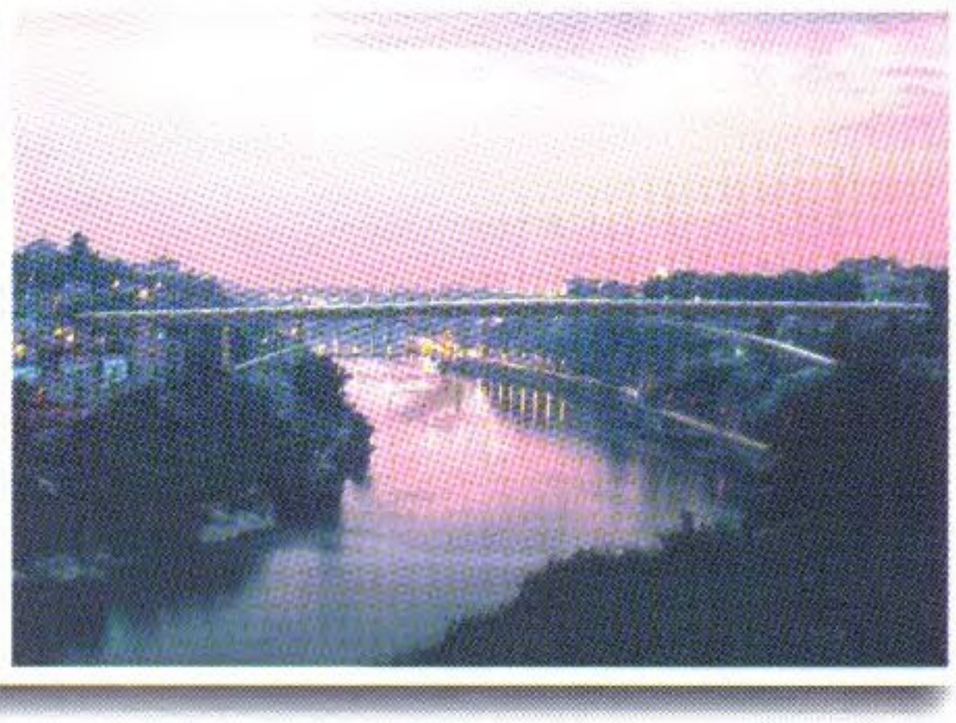
O arco dá apoio à viga por meio de montantes afastados de 35m. Nos 70m centrais da estrutura, o arco une-se ao tabuleiro formando uma secção em caixão com 6m de altura.

Deste modo, o comportamento da estrutura é determinado pela relação que se estabelece entre dois elementos de rigidez tão desigual no conjunto arco-tabuleiro. A Ponte afasta-se da concepção clássica de um arco em que, trabalhando este basicamente à compressão, liberta de flexões o tabuleiro ou reduz as flexões apenas à distância entre montantes.

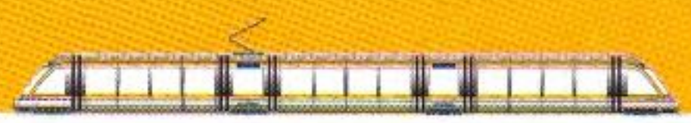
Neste caso, a grande rigidez do tabuleiro face ao arco, aliada ao forte abatimento deste, aproxima mais o funcionamento da estrutura ao de uma ponte com o tabuleiro rígido, onde é a viga-caixão que vence o vão completamente por flexão, tal como numa ponte contínua convencional, mas funcionando o arco como um apoio elástico.

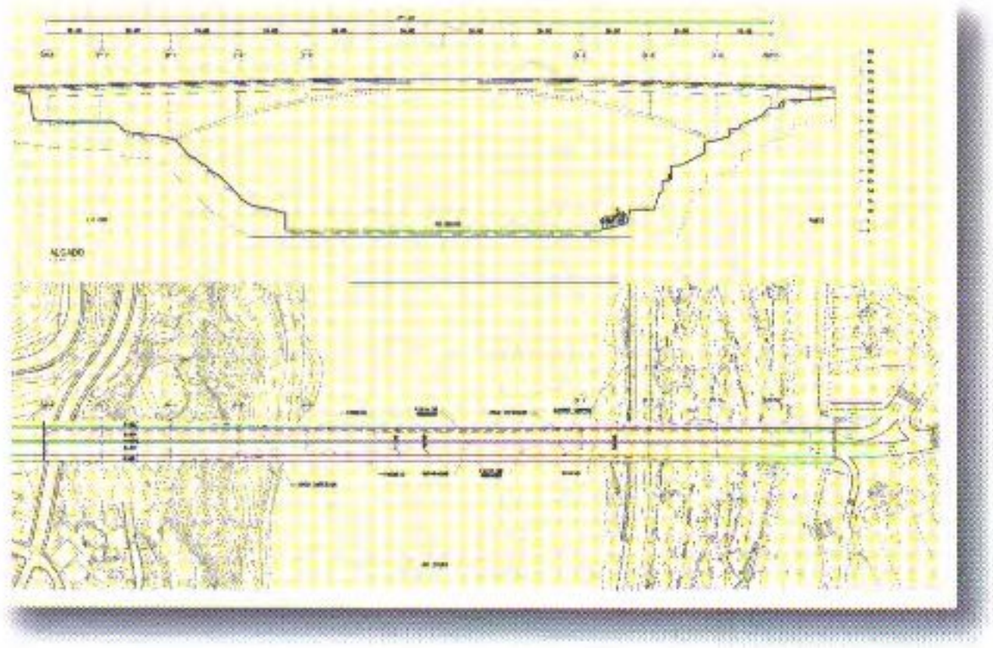
"A Sé via-se já de flanco. No empedrado do terreiro, os passos crepitavam. Só o barulho das motorizadas conseguia atravessar tanto silêncio. As colinas de Gaia estão cheias de luzes coadas por uma neblina rala, que jamais se extingue. Não há nenhuma cidade, assim, que subitamente se não torne secreta. No rio, junto do cais, distinguiam-se dois ou três barcos de carga, no meio do tremor mercantil dos anúncios luminosos. No negrume dos telhados, quebrado nas ruas mais próximas quase só pela brancura de uns lençóis a secar às janelas, rompem as agulhas das igrejas - lancinantes."

"DUAS CIDADES"
Eugénio de Andrade
São Lázaro, 1967

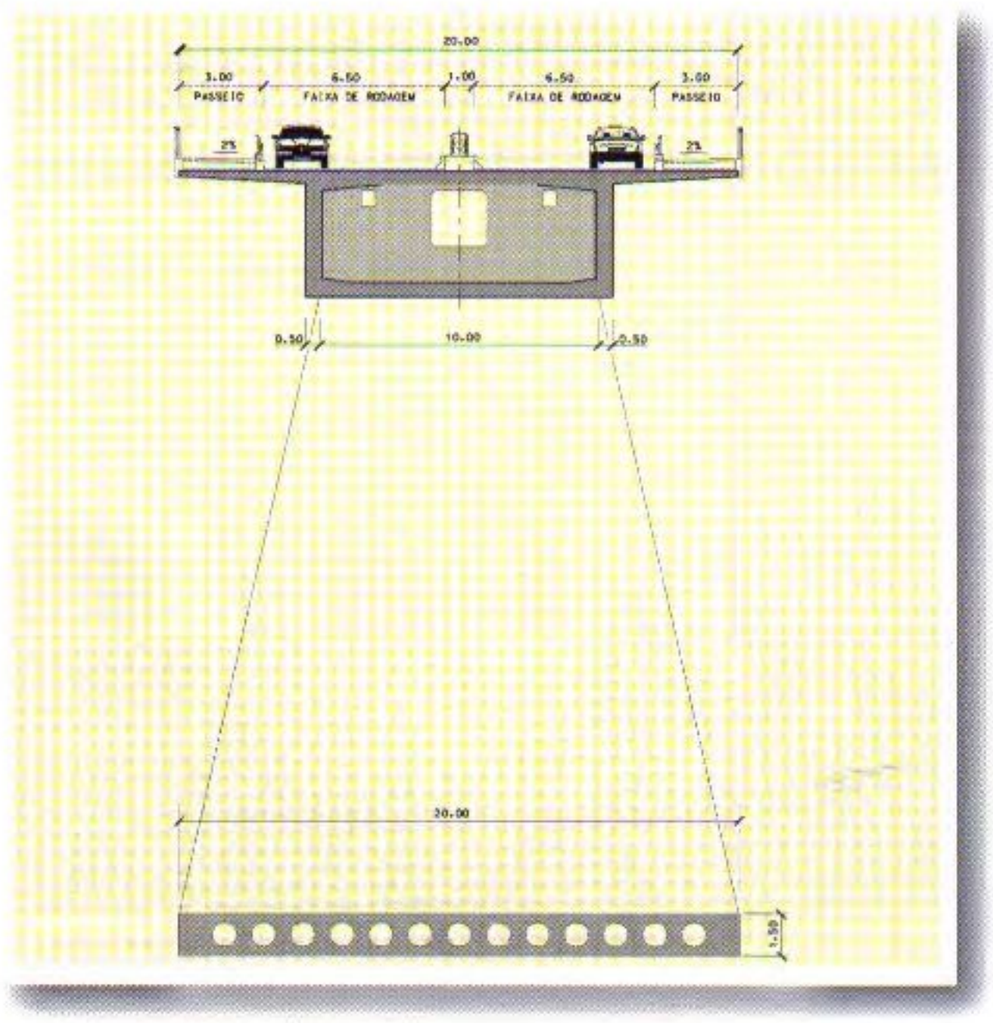


Perspectiva da Ponte ao crepúsculo, vista do lado Nascente





Planta e Alçado da Ponte



Corte Transversal da Ponte junto ao montante sobre o arranque do arco

Esta tipologia estrutural, se bem que penalize, logicamente, as necessidades resistentes da viga-caixão. Liberta completamente a estrutura dos inconvenientes próprios dos arcos clássicos, tais como a sua sensibilidade a assentamentos das fundações e a deformações devidas aos efeitos térmicos e reológicos. Por outro lado, permite a adopção de um processo construtivo em que o tabuleiro funciona como estrutura básica de suporte.

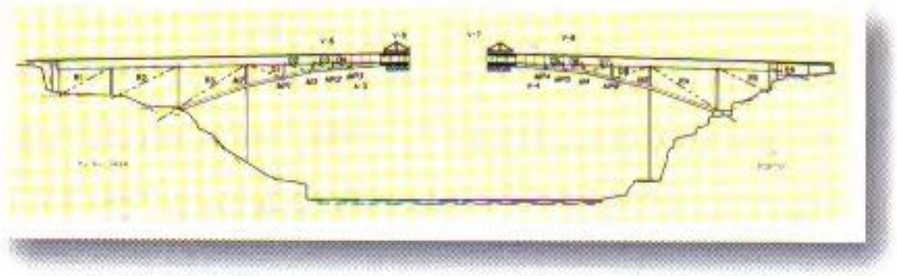
3 - Processo construtivo

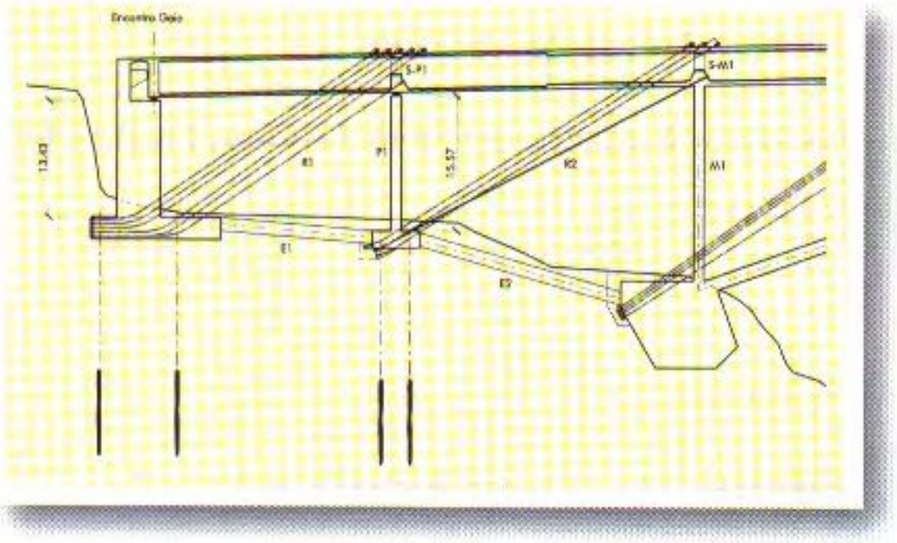
O processo construtivo consiste fundamentalmente na execução de dois pilares provisórios sob os montantes M2 e M5 e no avanço da estrutura a partir de cada uma das margens mediante a colocação de diagonais e montantes provisórios entre a viga e o arco, de modo a formar uma consola única de inércia variável em que o tabuleiro é o banzo traccionado e o arco o banzo comprimido. Assim se constitui uma estrutura triangulada de altura considerável, que possibilita a sua sustentação em consola até à materialização do fecho do arco.

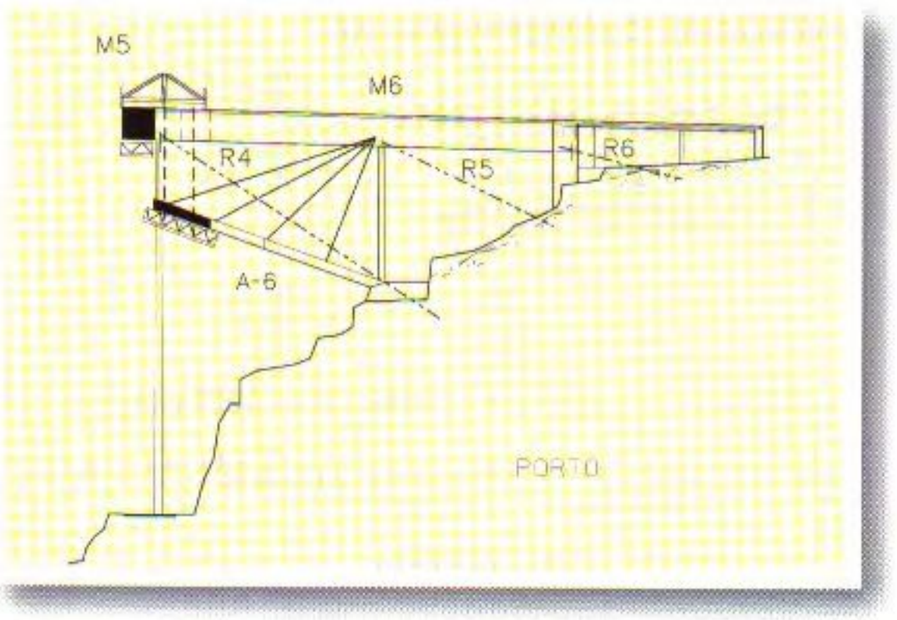
A transmissão às fundações das forças de tracção instaladas na viga é feita por meio de cabos de retenção que unem o tabuleiro às sapatas dos encontros, dos arranques do arco e do pilar P1. Estas diagonais são reali-zadas com cabos de pré-esforço e a sequência da sua colocação permite regular a força instalada por forma a corrigir em cada fase a resposta da estrutura.

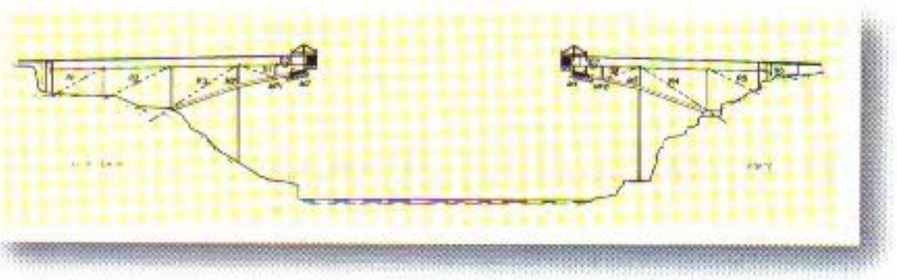
O sistema resistente escolhido para responder aos desequilíbrios resultantes do avanço das "consolas" sobre o rio consiste na realização de ancoragens inclinadas no encontro do Porto e ancoragens verticais no encontro de Gaia e no pilar P1, complementadas por escoras betona-das contra o terreno capazes de absorver as componentes horizontais das forças das diagonais de retenção. As referidas escoras transmitem estas forças às fundações do arco, onde as componentes horizontais dos esforços axiais da escora e do arco se equilibram.

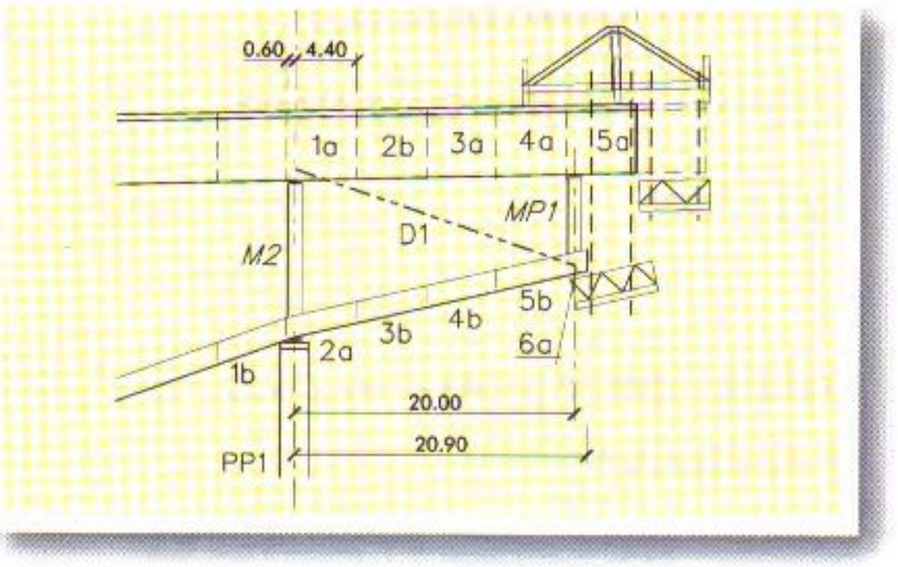
Após as primeiras fases construtivas, em que se procede à execução do tabuleiro com recurso a cimbre ao solo dos vãos V1 do lado de Gaia e do vão V11 do lado

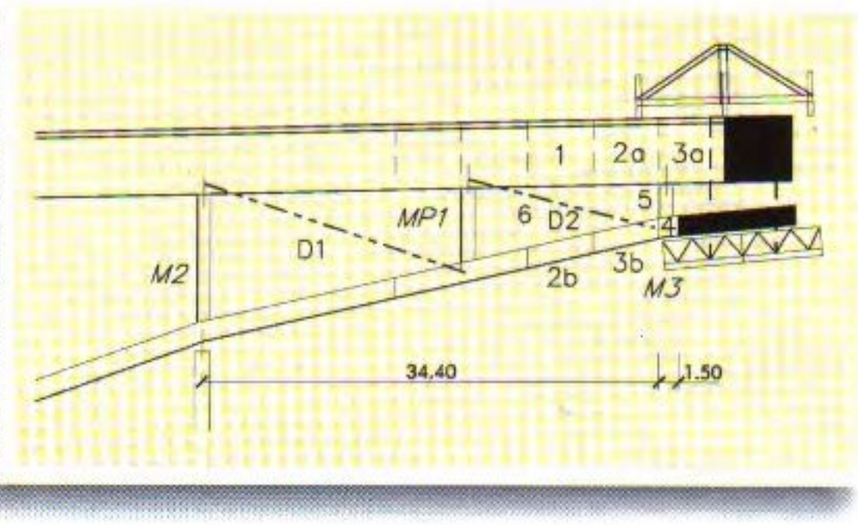












do Porto, começa o processo de avanços em consola do vão V2 do lado de Gaia.

A partir dos montantes extremos M1 (Gaia) e M6 (Porto), a execução do tabuleiro e do arco faz-se por avanços sucessivos até se alcançarem os montantes M2 e M5, e também os pilares provisórios.

Dada a elevada flexibilidade do arco e a considerável rigidez da viga, durante o processo construtivo o peso do arco é suspenso da viga por barras tipo Dywidag. Aliás, sem estarem instalados os esforços axiais no arco este não é capaz de resistir às flexões provocadas pelo seu peso próprio

Nos módulos extremos (M1 - M2 e M5 - M6), o arco é suspenso a partir dos septos sobre os montantes M1 e M6 através de barras inclinadas, enquanto que nos módulos interiores a suspensão é realizada por barras verticais a partir do tabuleiro.

Os troços de tabuleiro e de arco entre os montantes M2 e M5 são executados por avanços sucessivos com triangulação provisória, como foi mencionado.

O avanço por aduelas sucessivas em consola do caixão e do arco a partir dos montantes M2 e M5 faz-se até se atingirem os 20m de vão, momento em que se procede à colocação de uma diagonal e de um montante provisórios. A regulação da tensão instalada nesta diagonal, materializada por cabos de pré-esforço em aço de alta resistência, permite a correcção dos esforços e/ou deslocamentos introduzidos na estrutura pela actuação das cargas exteriores aplicadas. A instalação dos ele-

Vista aérea das Pontes Luiz I, Infante D. Henrique, D. Maria e S. João

mentos provisórios - montantes e diagonais - bem como o ajuste do seu esforço axial permitem a continuação do processo até ao montante seguinte, altura em que se repetem os trabalhos descritos.

Entre os montantes M3 ou M4 e o fecho do arco, o afastamento entre montantes provisórios reduz-se para 10m por forma a que as diagonais a instalar mantenham uma inclinação que as torne eficazes.

Nos 70m centrais da estrutura (zona em que a viga se junta ao arco), a execução da betonagem de aduelas por avanços sucessivos pressupõe a construção de duas consolas com vão máximo de 35m, o que não levanta problemas dadas as características da secção transversal nessa zona, onde apresenta uma altura de 6m.

Após a betonagem da aduela de fecho, procede-se à desmontagem dos cabos de retenção, das diagonais, dos montantes e dos pilares provisórios, numa sequência tão criteriosa quanto a utilizada na sua montagem.

Os esforços axiais instalados na estrutura no final desta fase são praticamente coincidentes com os que resultam do cálculo com a estrutura totalmente cimbrada durante a construção, facto que, pelo menos nessa medida, prova que o processo construtivo é acertado. Já os momentos flectores apresentam uma translação no sentido dos momentos negativos que é resultado do processo construtivo de consolas por avanços sucessivos.

Este texto contém extractos da Memória Descritiva apresentada no Concurso, nela tendo colaborado todos os elementos da seguinte equipa projectista:

Chefe da Equipa de Projecto:

Professor Engenheiro José Antonio Fernández Ordóñez

Projectistas:

Professor Engenheiro António Adão da Fonseca, liderando os Engenheiros da AFA – Consultores de Engenharia, SA:

Engº Pedro Morujão

Engº Renato Bastos

Professor Engenheiro Francisco Millanes Mato, liderando os Engenheiros da IDEAM, SA:

Engº Luis Matute Rubio

Engº Arturo Castellano Ortuno

com a colaboração dos Arquitectos

Alexandre Burmester e

Lorenzo Fernández Ordóñez e da

Arquitecta Paisagista Laura Costa

Construtores:

EDIFER – Construções Pires Coelho & Fernandes, SA

NECSO – Entrecanales y Cubiertas, SA

O Modelo de Apoio à Avaliação de Propostas nos Concursos Públicos do Metro do Porto

PROF. BANA E COSTA
CISED, Consultores, Lda

Os processos de avaliação de propostas em concursos públicos têm características específicas que justificam o recurso a uma *metodologia multicritério* de apoio à decisão. O modelo seguido nos concursos do Metro do Porto desenvolve-se em várias fases (ver figura 1) e integra técnicas de sólida base científica, nomeadamente a abordagem MACBETH *(Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) – cf.* (Bana e Costa e Vansnick, 1997 e 1999).

Um dos aspectos determinantes em concursos públicos diz respeito ao facto de o adjudicatário estar legalmente obrigado a divulgar, no Anúncio e no Programa do Concurso, os critérios de apreciação por ordem decrescente de "importância" (devendo pela nova Lei, desde logo, indicar os respectivos "pesos", antes de conhecidas as propostas), o que levanta um problema metodológico complexo, pois que a determinação de "pesos" sem referência aos domínios de variação dos impactes *(performances)* nos critérios é teoricamente incorrecta e não tem significado matemático no quadro de um modelo aditivo de agregação de pontuações parciais em vários critérios. É este aspecto que, pela sua importância, se destaca neste artigo.

Pelo modelo aditivo de agregação dos valores parciais $v_j(p)$ de cada proposta p nos critérios e ou sub-critérios (j = 1,..., n) definidos no Programa de Concurso, o valor global V(p) de cada proposta p é dado pela expressão geral:

em que os parâmetros k_j são factores de harmonização ("scaling factors") das escalas de valor parcial

$$V(p) = \sum_{j=1}^{n} K_j.V_j(p) \quad \text{com} \quad \sum_{j=1}^{n} K_j = 1 \quad \text{e} \quad K_j = 0,$$

v_j (j = 1,..., n) – vulgarmente designados, em linguagem comum, por "coeficientes de ponderação" ou "pesos" relativos dos critérios (e sub-critérios). Estes factores permitem transformar unidades de valor parcial em unidades de valor global. Por exemplo, se $k_j = 0.20$ cada unidade de valor parcial pelo critério j valerá 0.20 unidades de valor global. Os "pesos" são, portanto, *taxas de substituição* entre unidades de valor, que operacionalizam a noção de compensação. Por exemplo, se $k_j = 0.20$ e $k_{j'} = 0.10$ a perda de uma unidade de valor parcial em j pode ser compensada pelo ganho de duas unidade de valor parcial em j'.

O procedimento compensatório de agregação aditiva é, seguramente, o mais utilizado de todos os métodos multicritério, permitindo não só ordenar as propostas em termos da sua atractividade global, mas também apreciar diferenças relativas de atractividade global, isto é, *quanto* uma proposta é melhor do que outra, desde que as escalas v_j (j = 1,..., n) tenham sido determinadas independentemente umas das outras.

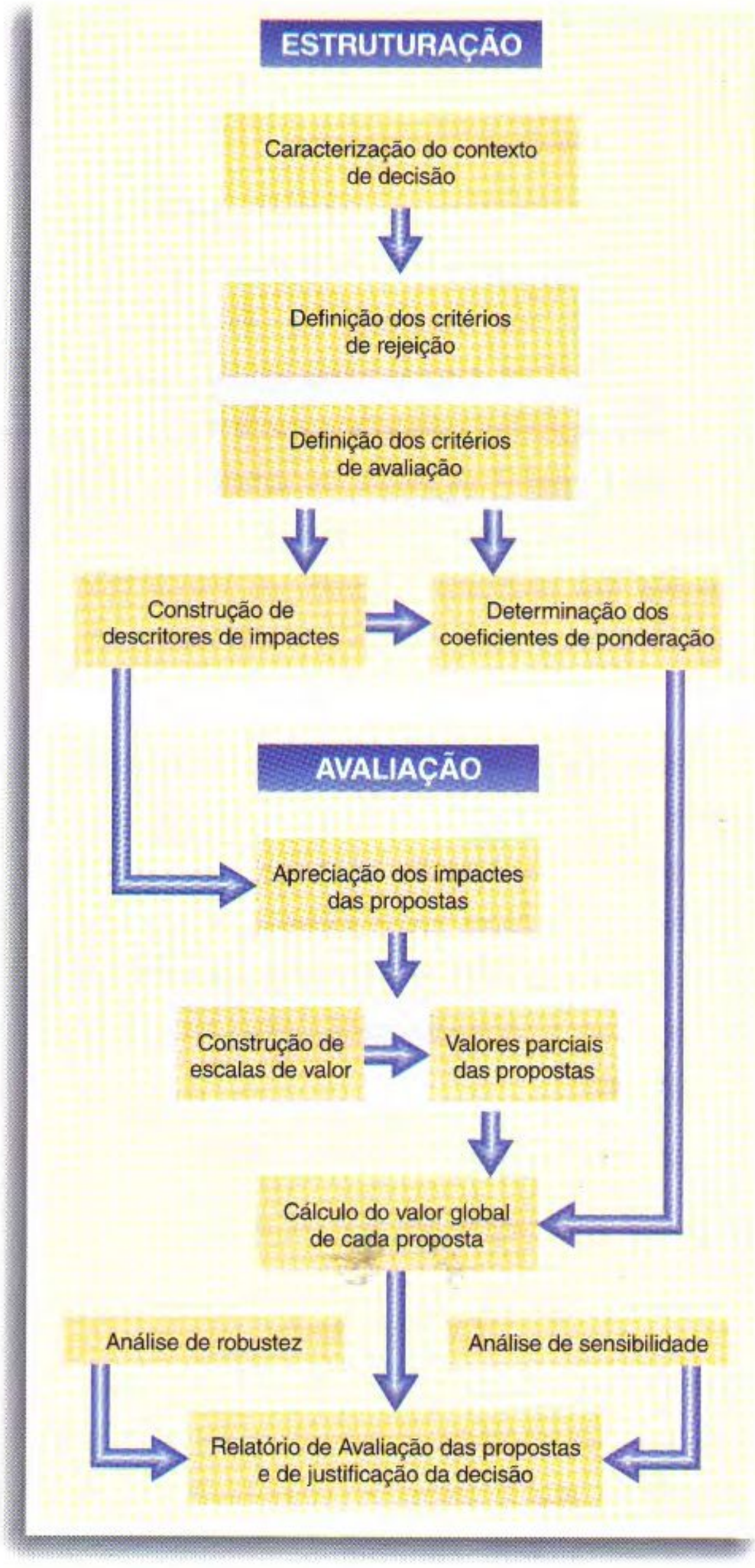
Sendo os "pesos" taxas de substituição, a sua determinação terá obrigatoriamente que ser feita com referên-

cia às escalas de impactes dos critérios. Caso contrário, os pesos são arbitrários no quadro do modelo aditivo, como quando determinados directamente por referência à noção psicológica e intuitiva de importância. Infelizmente, existe mais ou menos popularizada toda uma panóplia de processos de ponderação directa que ignoram estas considerações, sendo por isso teoricamente incorrectos.

Ralph L. Keeney [1992] refere-se a este erro como o *most common critical mistake*.

Para exemplificar, imagine-se uma situação de avaliação de propostas envolvendo apenas os critérios *Prazo de execução e Preço global*, sendo o melhor e pior prazos propostos, respectivamente, 35 meses e 40 meses, e o melhor e pior preço propostos, respectivamente, 15 milhões e 20 milhões de contos. Seja (35 meses, 20 milhões de contos) o perfil de impactes de uma proposta fictícia a e (40 meses, 15 milhões de contos) o da proposta fictícia *b*. Admita-se que, quando confrontada com a comparação global entre *a* e *b*, a Comissão de Avaliação julgou a mais atractiva que *b*, o que significa que o dono-de-obra estaria disposto a prescindir de um ganho de 5 milhões de contos, de 20 para 15 milhões, para baixar o prazo de 40 para 35 meses. Neste caso, o modelo aditivo tomará, e bem, um valor para o peso do critério prazo *maior* do que para o peso do critério custo (desde que os valores parciais atribuídas aos melhores e piores impactos sejam, evidentemente, sempre iguais em todos os critérios, por exemplo, 100 e 0, respectivamente).

Suponha-se agora que, depois de aplicados os critérios de rejeição, se verificou que o pior prazo entre as propostas dos concorrentes admitidos é afinal 39 meses, em vez de 40, e que o melhor prazo é 36 meses, em vez de 35, mantendo-se o melhor e o pior preços. Nestas circunstâncias, a Comissão de Avaliação deveria confrontar *a'* de perfil (36 meses, 20 milhões de contos) com b' de perfil (39 meses, 15 milhões de contos). Não é irrealista admitir que *b'* fosse agora julgada preferível a *a'*. Então, o peso do critério prazo passaria, necessariamente, a ser menor do que o peso do critério custo! Qual seria afinal o critério "mais importante"?



Este fenómeno é devido, no exemplo acima, à alteração dos limites do intervalo dos prazos e evidencia bem quão incorrecto é atribuir valores directamente aos pesos sem referência aos impactos.

Entretanto, se recordarmos a obrigatoriedade legal de ordenar os critérios de avaliação por ordem de "importância" nos Anúncios e Programas dos Concursos Públicos, forçosamente antes de serem conhecidas as propostas, concluímos que é impossível nestas situações definir os pesos, ou simplesmente a sua ordenação, com referência aos melhores e piores impactes das propostas segundo os vários critérios, pois que estes impactos ainda não são conhecidos na altura da preparação daqueles documentos.

No entanto, para ultrapassar o problema colocado pela exigência de cálculo dos pesos a priori, basta que o processo de ponderação se baseie em níveis de impacto de *referência*, como sejam os níveis de referência *bom e neutro*, fixando-se neste caso os valores a atribuir a bom e neutro em cada critério ou sub-critério, por exemplo:

Para ordenar os pesos dos critérios, basta perguntar:

Considere-se a proposta fictícia (N) neutra em todos os

$$\begin{cases} V_j(\text{bom}_j) = 100 \\ V_j(\text{neutro}_j) = 0 \end{cases}$$

critérios. Sendo possível melhorar o impacto de neutro para bom num só critério, mantendo todos os demais ao nível neutro, qual o critério em que esta melhoria seria mais atractiva? E em seguida?

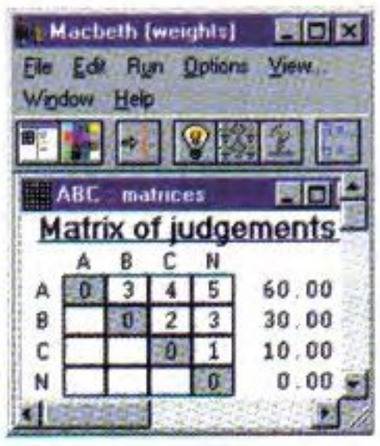
A repetição desta questão até se esgotarem os critérios, conduz directamente à ordenação dos pesos k_j (j = 1,..., n). Para determinar os valores respectivos, poder-se-à recorrer ao modo de questionário da abordagem MACBETH, em que basta julgar qualitativamente:

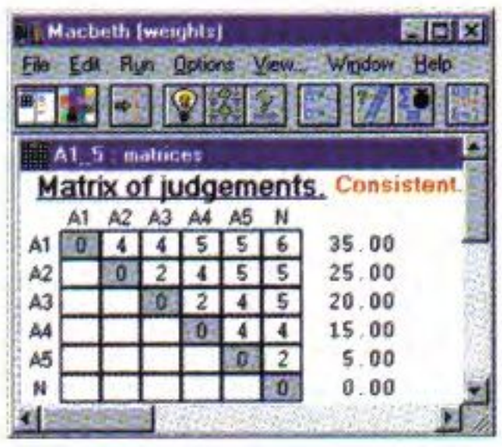
- O acréscimo de atractividade global da proposta fictícia *N* ("neutro em tudo") provocado por melhorar o seu impacte de neutro para bom em cada critério j (j = 1,..., n) – isto é, a diferença de atractividade entre as propostas fictícias a_j (boa em j e neutra nos outros critérios) e *N*;
- para cada par de critérios j e j´ tais que $k_j > k_{j'}$, a diferença de atractividade global entre passar de neutro para bom em j em vez de passar de neutro para bom em j' – isto é, a diferença de atractividade entre as propostas fictícias a_j (boa em j e neutra nos outros critérios) e $a_{j'}$ (boa em j' e neutra nos outros critérios).

A resposta a cada questão é feita pela escolha de uma das categorias MACBETH de diferença de atractividade:

Diferença de atractividade NULA (indiferença)	(categoria 0)
Diferença de atractividade MUITO FRACA	(categoria 1)
Diferença de atractividade FRACA	(categoria 2)
Diferença de atractividade MODERADA	(categoria 3)
Diferença de atractividade FORTE	(categoria 4)
Diferença de atractividade MUITO FORTE	(categoria 5)
Diferença de atractividade EXTREMA	(categoria 6)

As respostas às questões podem ser representadas numa matriz, como exemplificado na figura 2 para os critérios e sub-critérios da 2ª fase do concurso da rede do Metro do Porto





Desde modo, os pesos relativos definidos para os critérios e sub-critérios foram:

Critério/Sub-critério	Coeficientes de Ponderação
A - Qualidade global do sistema e do serviço	60 %
A1 - Eficácia no desempenho da função transporte	21 %
A2 - Adequação do sistema de organização e controlo	15 %
A3 - Inserção no tecido urbano	12 %
A4 - Qualidade do processo para atingir a configuração final	9 %
A5 - Impacto sobre a economia regional	3 %
B - Custos associados ao empreendimento	30 %
C - Prazos de execução e entrada em funcionamento	10 %

Cada processo de concurso em que temos colaborado revelou ser um caso diferente, com problemas próprios e características específicas, que recomendam prudência na generalização e extrapolação de conclusões para outros contextos. No entanto, é seguro apontar como traço comum que sempre cada Comissão de Avaliação manifestou em relação à metodologia multicritério de apoio à avaliação de propostas:

- Concordância com os pressupostos de sua aplicação;
- facilidade em assimilar os seus princípios teóricos essenciais;
- adesão natural à sequência de etapas de construção do modelo de avaliação;
- satisfação com o contributo dado para assegurar coerência e correcção formal de procedimentos;
- e que o método nunca foi, ao longo de todo o processo, factor restritivo à decisão da Comissão de Avaliação, a quem competiu, sempre e em exclusivo, a formulação dos necessários juízos de valor.

Referências

Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C. (1997), "Applications of the MACBETH approach in the framework of an additive aggregation model", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6, 2 (107-114).

Bana e Costa, C.A., Vansnick, J.C. (1999), "The MACBETH approach: Basic ideas, software and an application", in N. Meskens and M. Roubens (eds.), *Advances in Decision Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (131-157).

Keeney, R.L. (1992), *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking*, Harvard University Press.

Sistema Integrado de exploração e manutenção

ENG. ALMEIDASANTOS
Coordenador Operacional do Projecto SEM XXI

1. Introdução

O objectivo fundamental deste Projecto é tornar operacional (leia-se facilmente utilizável e aplicável) uma estratégia de Exploração e Manutenção integráveis com o Desenvolvimento e Re-engenharia de Produto, que permita uma efectiva competitividade do sistema ferroviário nacional e tecido industrial envolvido.

Ele nasce da associação de um grupo de entidades intervenientes no panorama ferroviário nacional (Adtranz, EFACEC e EMEF), instituições de alto prestígio no sector científico (IST, FEUP, ISQ e INETI), e uma empresa especializada em manutenção industrial moderna (MIIT), que resolveram empreender um esforço comum no sentido de adquirir as capacidades necessárias para abordar a manutenção e exploração integradas de um sistema ferroviário em fase de desenvolvimento, numa perspectiva actual e inovadora.

Estando o sistema de transporte do Metro do Porto nessas condições, foi o mesmo escolhido como "case study" para o desenvolvimento do Projecto.

O SEM XXI é candidato a ser co-financiado pelo PEDIP, no âmbito dos Projectos Mobilizadores para Indústria, estando a respectiva candidatura actualmente em fase de avaliação.

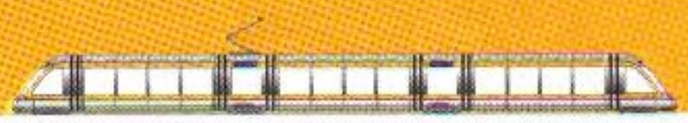
2. Enquadramento do projecto

A exploração de muitos dos sistemas ferroviários actualmente montados em Portugal é ainda um negócio de risco elevado, não rentável e que se traduz num elevado encargo social.

Por outro lado, é sobejamente reconhecida a necessidade de apostar neste tipo de sistema de transporte, por ser a única solução para o congestionamento do tráfego automóvel (com os elevados custos a ele associados), cuja expansão não tem parado, face à lenta evolução do sistema ferroviário.

Esta realidade é confirmada a nível internacional, como o comprova a criação de uma "Task Force" pela Comissão Europeia - "Directorate-General VII (Transport), Directorate E (Development of Transport Policy)" designada "Trains and Railway Systems of the Future" que aponta para a necessidade de uma redução entre 40% e 50% do custo do ciclo de vida dos equipamentos de um sistema ferroviário e para uma redução de 50% dos custos de transporte em segmentos de mercado específicos, num futuro próximo, por forma a viabilizar a alternativa/complementaridade do transporte ferroviário face a outros meios de transporte.

A importância que as organizações internacionais estão a dar aos aspectos alvo deste projecto mostra de forma clara que o sector industrial e empresarial nacionais não os podem ignorar, sob pena de se tornar economica-



mente inviável. Um excelente exemplo pode ser encontrado no consórcio que se encontra a desenvolver o projecto REMAIN (Modular System for Reliability and Maintainability in European Rail Transport), envolvendo companhias ferroviárias europeias como a Deutsche Bann AG (Alemanha), RENFE (Espanha), ISAP e AMBIT (Grécia), SINTEF (Noruega), VAE AG (Áustria) e o Fraunhofer Institut (Alemanha).

O carácter inovador do SEM XXI reside no facto de procurar contribuir para a modernização do sector ferroviário nacional, dentro do espírito de evolução acima mencionado.

Para a economia nacional, os benefícios óbvios serão a criação de competências actualmente incipientes e a viabilização de um sector que tem vindo a apresentar prejuízos muito elevados, e que se traduzem num forte encargo social. Para os co-promotores, os benefícios imediatos traduzem-se no reforço, ampliação e diversificação dos seus negócios, ou áreas de actividade.

3. Composição do Consórcio

ENTIDADE	ÁREAS DE INTERVENÇÃO
Adtranz	Líder do Consórcio/Fabricação e Manutenção do Material Circulante.
EFACEC	Fabricação e Manutenção das Instalações Fixas / Sinalização / Telemetria / Análise de Energia.
MIIT	Sistema Integrado de Manutenção.
EMEF	Manutenção de Material Circulante.
IST	Técnicas de Controlo de Condição: Análise de Vibrações e Termografia.
FEUP	Técnicas de Controlo de Condição: Análise de Lubrificantes.
INETI	Técnicas de Controlo de Condição: Visão Artificial.
ISQ	Componente Ambiental, em todos os aspectos.

4. Descrição geral do projecto

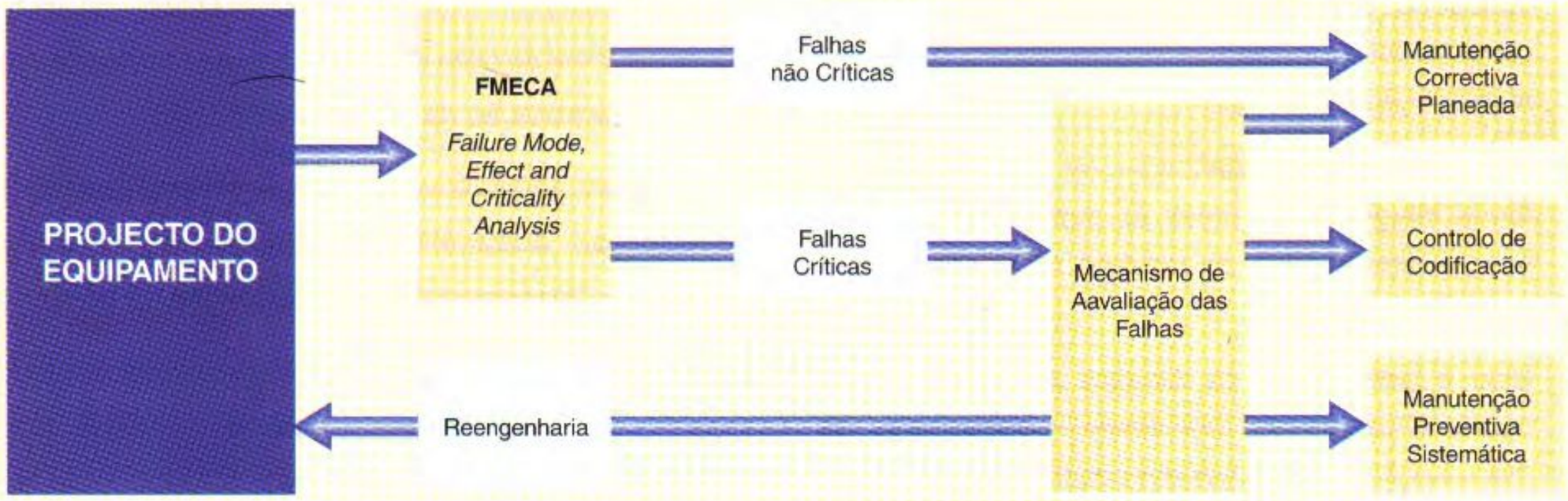
O SEM XXI centra-se no desenvolvimento de um conjunto de metodologias, assentes nas mais modernas tecnologias, e de um modelo de gestão aplicável a casos práticos, concretizados através da criação e aplicação de um sistema que armazene, processe e transmita informação com o formato adequado a permitir a obtenção de padrões elevados de fiabilidade e disponibilidade reais de equipamentos, cujo custo tenda entretanto a ser minimizado.

A sua estratégia é pois direccionada para a minimização do custo do ciclo de vida dos equipamentos, actuando primordialmente ao nível da sua exploração e manutenção integradas, não descurando os resultados a nível da produção e a componente ambiental (reutilização/reciclagem).

Nele serão desenvolvidas as seguintes áreas principais:

- Uma Metodologia de Acção, que integra todas as parcelas relevantes.
- Um Sistema Integrado de Gestão, que permite concretizar esta Metodologia.

METRO



- A aplicação de Técnicas de Controlo de Condição, quando possível.
- Um Modelo que se traduz por elaborar um conjunto de Regras de Boa Prática, aplicáveis à exploração e manutenção do sistema ferroviário.

5. Metodologia de acção

O objectivo desta parte do Projecto é o desenvolvimento dos seguintes instrumentos (para o veículo ferroviário e infraestruturas):

a) - Modelo de Fiabilidade dos equipamentos (na sua generalidade), pela tradução da estrutura dos respectivos sistemas, tal como foi projectada, em fiabilidade previsível, através da caracterização dos seus modos de falha.

b) - Modelo de Manutenção a adoptar para cada sistema, definido com base na experiência conjunta do fabricante e do operador, no modelo de fiabilidade acima descrito, e tendo em conta as necessidades de exploração (isto é, deverá requerer um tempo mínimo de imobilização, a ser realizado em determinadas horas do dia) que incluirá na escala óptima, os diversos tipos de manutenção, designadamente:

- Manutenção Preventiva Sistemática (condicionada ou não).
- Por Controlo de Condição (ou monitorização de condição).
- Manutenção Correctiva, Planeada ou não.

A Metodologia a seguir está sintetizada na figura 2.

c) - Estruturação Funcional de Manutenção, com base no Modelo de Manutenção e nos requisitos da Exploração, que envolve a definição e especificação de toda a Organização de Manutenção, em todas as suas vertentes:

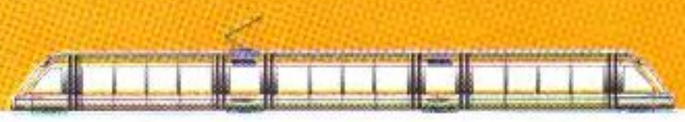
- Intervenção, respectivos meios e horários.
- Planos de manutenção e documentação.
- Planeamento, controlo e cadastro.
- Logística e Fornecedores.
- Contabilidade e Controle Financeiro.
- Sistemas de Informação e fluxos de informação, etc.

d) - Restylling / Redesign de equipamentos e sistemas que se revelem passíveis de melhorias significativas por razões de performance, fiabilidade ou facilidade de manutenção, de modo a optimizar o custo do ciclo de vida do sistema.

Carácter inovador desta Metodologia:

O carácter inovador deve-se a vários aspectos:

- Introdução de novos conceitos de manutenção no sistema ferroviário, já provados noutros tipos de



transporte (nomeadamente no transporte aéreo), como tendo um impacto muito positivo nos custos de manutenção e operação.

- Estruturação da organização de manutenção de forma integrada em todas as suas vertentes, que permite tirar partido do máximo de sinergias que nela possam existir.
- Usar o facto de ter os diversos intervenientes da cadeia (Projectistas, fabricantes e prestadores de manutenção) a trabalhar em conjunto desde a fase da sua concepção, partilhando o mesmo universo de locução e utilizando os mesmos padrões de medida, para potenciar um "feedback" do desempenho do sistema no projecto, de modo a garantir o seu aperfeiçoamento contínuo.

6. Sistema integrado de gestão

Este Sistema permite a integração harmoniosa das acções e metodologias de Manutenção com a Exploração, a Reengenharia de Produto e, finalmente, a Reutilização/Reciclagem. É obtido através do desenvolvimento de um suporte informático estruturado em subsistemas (aptos a tratar individualmente a Gestão da Manutenção, Gestão da Exploração, Diagnóstico de Falhas, etc.) capaz portanto de tratar uma vasta quantidade e diversidade de informação. A adaptação e integração destes subsistemas pressupõe o desenvolvimento de interfaces, a definição da estrutura da base de dados central, fluxos de informação, topologia de redes, intermutabilidade de operações, requisitos dos operadores, "outputs" do sistema, etc.

A base de dados central será estruturada de forma a poder ser carregada pela informação do projecto, utilizada e enriquecida pela informação decorrente das acções de exploração, manutenção e reutilização/reciclagem e ainda de forma a ser exportável para suportes informáticos específicos que contemplem as metodologias de colecção, sistemas e carregamento da informação, análise do ciclo de vida dos equipamentos e sistemas, determinação da disponibilidade, etc.

Neste âmbito serão desenvolvidos ainda um Sistema de Identificação Automática de Equipamentos e um Sistema de Telemanutenção e Localização de Veículos.

O Sistema de Identificação Automática permitirá a identificação dos equipamentos a partir de etiquetas electrónicas com leitura e escrita sem contacto via sinal rádio de fraca potência.

Com este sistema será mantido o registo e armazenamento da informação sobre as intervenções, de manutenção ou outras, efectuadas nos próprios equipamentos permitindo ainda a sua identificação inequívoca.

A recolha de informação e actualização da informação das etiquetas será efectuada a partir de terminal portátil equipado com rádio emissor/receptor de curto alcance.

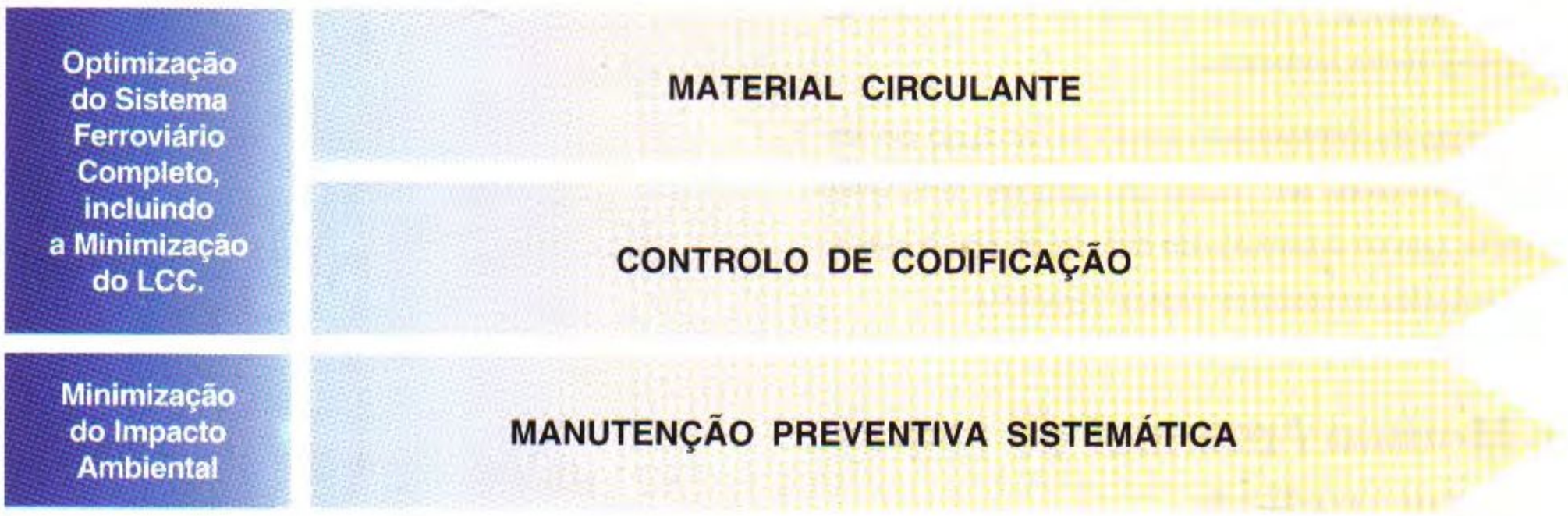
A informação assim obtida será depois recolhida pelo sistema de informação via interface com o sistema informático.

O Sistema de Telemanutenção e Localização de Veículos permitirá a aquisição de parâmetros de operação do veículo, informação datada e georeferênciada, relevante para a manutenção condicionada dos veículos e das infraestruturas e a enviá-la, em tempo real, via sistema de telecomunicações rádio, para o centro de supervisão de manutenção e gestão de frota.

Carácter inovador deste sistema:

O carácter inovador deste Sistema centra-se em três aspectos fundamentais, que não se encontram acessíveis/disponíveis no mercado:

- Adaptação de meios informáticos disponíveis e desenvolvimento de suportes informáticos de interligação;
- Aplicação e validação do Sistema com base no sector ferroviário.



- Desenvolvimento de modelos de gestão dinâmica da frota.

7. Técnicas de controlo de condição

São técnicas que avaliam o estado de conservação ou de condição operacional de um equipamento, através do conhecimento da evolução de alguns parâmetros que o caracterizam, sem ter que interromper o seu funcionamento. No âmbito deste projecto, serão desenvolvidos, quando aplicáveis, sistemas que registam e analisam a evolução dos seguintes parâmetros nos diversos equipamentos e sistemas:

- Vibrações
- Estado dos lubrificantes
- Medições de desgaste por intermédio da visão artificial
- Energia
- Temperatura

Será ainda desenvolvido um Sistema de Manutenção Condicionada de Redes de Energia.

Fará parte ainda deste projecto a utilização das técnicas de telemetria, quando aplicáveis, para a transmissão em tempo real dos dados registados pelos sistemas de controlo de condição e outros sistemas de diagnóstico existentes nos equipamentos. Para o sistema integrado de gestão será desenvolvido um Sistema de Telemanutenção de Equipamentos com aplicação piloto a Passagens de Nível.

Carácter inovador da aplicação das técnicas de controlo de condição:

O sector ferroviário é dominado por um significativo atraso, relativamente a outros sectores de transporte, como sejam o automobilístico, naval, aeronáutico e militar.

Nas últimas décadas, a manutenção, até á altura reputada de tarefa secundária e dispendiosa, alvo de reduções em tempos de crise, passou, devido aos custos das suas intervenções, a ser considerada factor determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente os índices de produtividade.

Em complemento, o aumento da fiabilidade dos equipamentos condicionou a evolução dos conceitos de manutenção preventiva, da simples aplicação da manutenção programada para a prática de manutenção condicionada, em que determinadas acções de manutenção deixaram de ter uma periodicidade rigidamente definida.

Por exemplo, no sector aeronáutico, a manutenção preventiva condicionada baseia-se nos conceitos funda-

mentais: "Soft time", "On condition", "Condition monitoring" e "Sampling", conceitos estes totalmente fora de prática no sector ferroviário.

A aplicação de técnicas de controlo de condição em sistemas ferroviários tem assim um carácter fortemente inovador que só é conseguido através do envolvimento atempado dos projectistas nestes objectivos.

8. Modelo / manual de regras de boa prática

Constitui a tradução da experiência obtida num conjunto de procedimentos de acção / regras de boa prática de gestão global de um sistema ferroviário, nos diversos elementos da sua cadeia de valor e em todas as suas fases.

Carácter inovador deste manual:

O carácter inovador decorre do facto de ter os diversos intervenientes da cadeia (Projectistas, fabricantes e prestadores de manutenção) a trabalhar em conjunto desde a fase da sua concepção, permitindo coerência e eficácia de acções com resultados na optimização do Sistema e ao nível do meio ambiente.

O autor, Eng. Almeida Santos, da ADtrans Portugal, deixa aqui expresso o seu reconhecimento, pelo apoio prestado, aos Senhores:

Engº. Pedro Montalvão (Vice Presidente do Customer Support – Adtranz Portugal).

Prof. Engº. Júlio Montalvão (Departamento de Engª . Mecânica do I. S. T.).

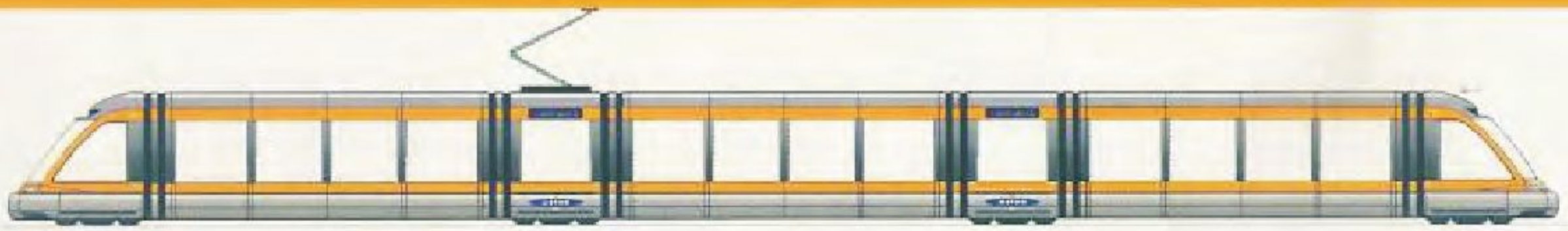
Engº. João Craveiro (Director Geral do MIIT).

Engº. Luís Roboredo (Chefe de Departamento – EFACEC / Sistemas de Transporte).

sem cuja colaboração jamais este artigo poderia ser escrito.

www.metro-porto.pt

www.metro-porto.pt



METRO DO PORTO, S.A.
Av. Aliados, 133 3º 4000-067 PORTO Tel.: 02-2088813 Fax: 02-2088814
geral@metro-porto.pt

P. Varzim

V. do Conde

Matosinhos

Trofa

Maia

H.S.João

Campanhã

Stº. Ovídio

normetro

Agrupamento do Metropolitano do Porto AEIE

SOARES DA COSTA · ADtranz · ABB · SOMAGUE · SEMALY · TRANSDEV