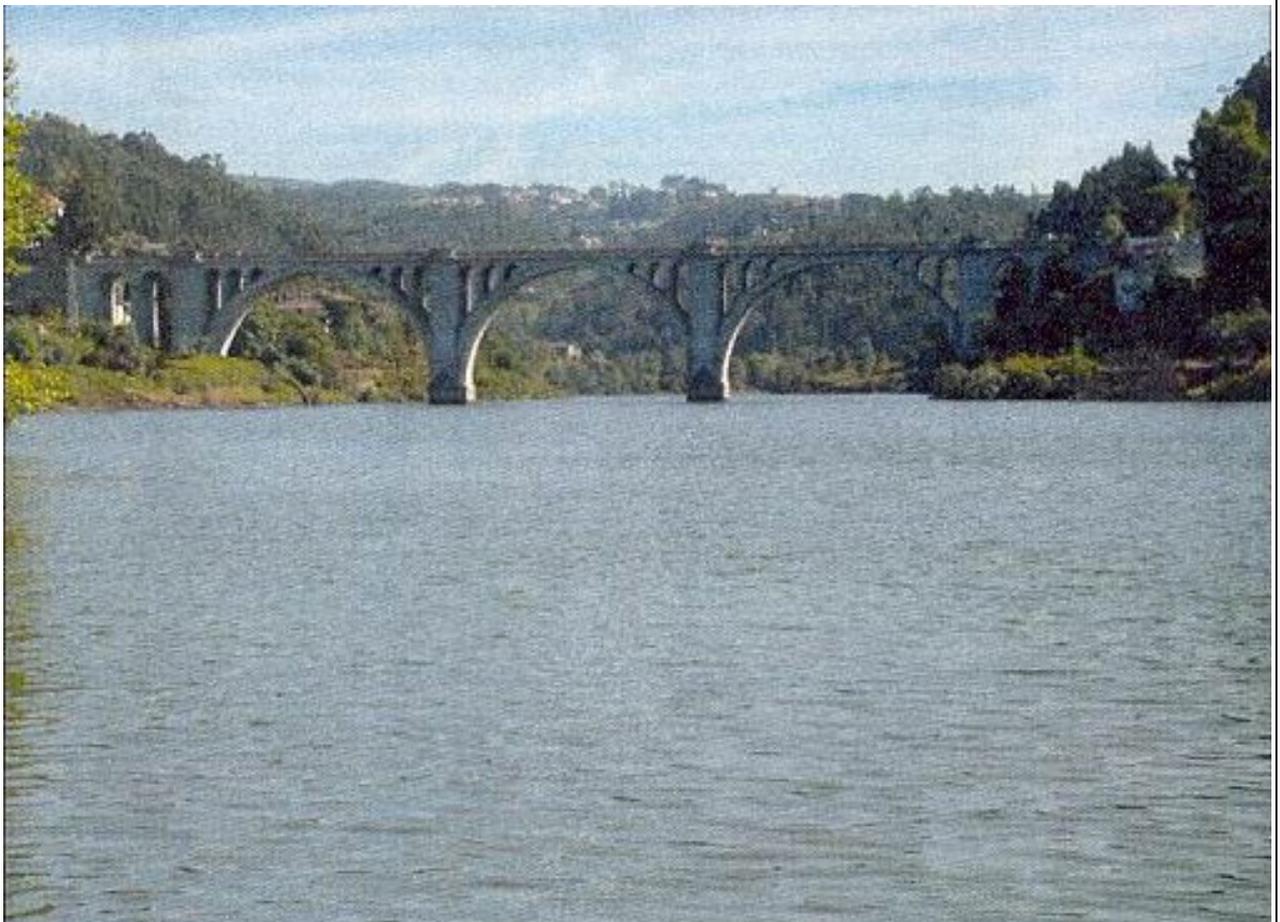


Pontes

Ponte Duarte Pacheco



Elaborado por:

DANIEL DIAS DA COSTA

FERNANDO MARQUES

LÚIS GUICHARD CASTRO

RODRIGO FALCÃO MOREIRA

0. Índice	
1. Enquadramento Histórico	3
1.1. Caracterização da Época.....	3
1.2. Enquadramento da Obra	5
1.2.1. Histórico	5
1.2.2. Local.....	7
2. Materiais e Caracterização Estrutural	9
2.1. Materiais	9
2.2. Caracterização Estrutural	9
3. Processo de Cálculo	13
4. Processo Construtivo.....	15
4.1. Estrutura	15
4.2. Fundações	15
5. Inspeção das Infraestruturas.....	17
5.1. Inspeção dos Pilares.....	17
5.2. Inspeção às Fundações	17
5.3. Perfis Transversias do Leito do Rio	20
6. Bibliografia consultada	29
7. Agradecimentos	30
 Anexos – pág.31	

1. Enquadramento Histórico

1.1 Caracterização da Época

O governo provisional durou muito pouco tempo (até 9 de Julho de 1926), tomado agora pelo general (mais tarde Marechal) António Oscar de Fragoso Carmona que favoreceu vastas mudanças. Foi eleito presidente em Março de 1928 e reeleito até à sua morte em Abril de 1951.



Figura 1 – Marechal Carmona

Os dirigentes militares tentaram solucionar a crise financeira com um empréstimo pedido à Liga das Nações, mas as condições impostas por esta incluíam uma supervisão fiscal, que foram rejeitadas, e Carmona chamou António de Oliveira Salazar para Ministro das Finanças com poderes totais para controlar os gastos do Governo.

António de Oliveira Salazar, professor de economia na Universidade de Coimbra, controlou os gastos do governo de 1928 a 1948, com orçamentos com saldo positivo (a marca do regime) e devotou-se a proceder a planos de desenvolvimento.

Tornando-se primeiro-ministro em 1932, promulgou a nova constituição de 1933; como ministro das Colónias preparou o Acto Colonial, assimilando a administração dos territórios no ultramar ao seu sistema.

O direito de voto só foi concedido às mulheres em 1931, desde que tivessem um grau universitário ou com o secundário concluído. Os homens podiam votar desde que soubessem ler e escrever.

No entanto já em 1910, aproveitando-se da omissão legal sobre o sexo do chefe de família, Carolina Beatriz Ângelo – médica, viúva e mãe de duas crianças – faz prevalecer a sua condição de chefe de família para depositar o seu voto nas eleições para a Assembleia Constitucional.

Em consequência, a lei foi modificada de forma a estabelecer claramente que só os homens pudessem exercer o direito de voto.

Fruto de um golpe de estado desfechado em Outubro de 1937, o Estado Novo foi uma resposta política à instabilidade do período 1934-37, uma vez que os grupos políticos vitoriosos em 1930 se viram ameaçados pelo extremismo de esquerda e direita e pelo retorno ao poder de oligarquias estaduais. Em termos ideológicos, o Estado Novo teve evidente inspiração fascista, sem embargo de certos avanços na legislação trabalhista. Entretanto, faltava ao regime qualquer propósito de mobilização de massas. Tampouco era expansionista no sentido territorial, visto que o seu nacionalismo voltava-se mais para o desenvolvimento económico do País do que para a expansão territorial.

Como ministro dos negócios estrangeiros (1936-1947), guiou Portugal durante as dificuldades causadas pela Guerra Civil Espanhola e a 2ª Guerra Mundial. Manteve a neutralidade até a Inglaterra invocar a aliança Anglo-Portuguesa para obter bases nos Açores.

(A verdade é que os Açores serviam de base de apoio aos submarinos alemães que operavam no Atlântico e os Açores foram mais “tomados” que concedidos !).

No entanto - facto muito pouco divulgado - já na Iª Guerra Mundial, a aviação do " United States Marine Corps" tinha utilizado uma base na ilha dos Açores, para missões de bombardeio de alvos inimigos e abastecimento das tropas aliadas.

1.2 Enquadramento da Obra

1.2.1 Histórico

Esta obra surge da necessidade de transpor o rio Tâmega, dando continuidade à estrada nacional Porto-Amarante, que passa pela foz do rio Sousa, Entre-os-Rios, Torrão e Marco de Canaveses. Além disso, foi incluída no âmbito do programa das Comemorações Centenárias da Independência de Portugal.

Existia na Direcção Geral dos Caminhos-de-ferro um ante-projecto para um novo caminho-de-ferro entre Contumil e a Pala, verdadeira dupla via do Douro, atravessando portanto o rio Tâmega, junto à sua foz. Este facto levou o Conselho Superior de Obras Públicas a emitir um comunicado em que afirmava a importância de haver um entendimento entre a Junta Autónoma de Estradas e a Direcção Geral dos Caminhos-de-ferro, no sentido de ser o local da ponte sobre o rio Tâmega o escolhido, de forma a poder servir conjuntamente de passagem rodoviária e ferroviária.

Em face deste parecer, o Sua Ex. o Ministro das Obras Públicas e Comunicações ordenou a estas duas entidades a análise dessa hipótese. Depois de alguns estudos efectuados por delegados nomeados por estas instituições, concluiu-se que a solução de traçados independentes seria a mais económica.

Esta obra foi adjudicada pela quantia de 4.100.000\$00 a Jorge Vieira Bastian e Manuel Gonsalves Costa, empreiteiro, e foi consignada a 5 de Junho de 1937, tendo o prazo de 1100 dias para a sua conclusão. Todavia a 17/11/1937, em consequência de uma cheia, foi derrubada a campânula e paredes do caixão da fundação do pilar da margem direita, o que originou um atraso de cerca de três meses.

Posteriormente, foram autorizadas três ampliações de 180, 60 e 90 dias para atender aos trabalhos a mais e uma prorrogação de 120 dias a pedido do empreiteiro. Os trabalhos ficaram concluídos a 1 de Setembro de 1941, dentro do prazo autorizado.

Foram elaborados três trabalhos adicionais ao contrato:

- Construção dos muros de avenida e variante de acesso à ponte nas duas margens, no valor de 896.697\$76;

- Excesso de trabalhos a mais efectuados nas fundações dos pilares e encontros no valor de 314.672\$95;
- Construção do Padrão, parque, arranjo dos acessos nas duas margens e outros de menor importância, no valor de 371.936\$45.

A 18 de Setembro de 1941 foi inaugurada, solenemente, pelo Presidente da República Exm. Sr. General António Oscar de Fragoso Carmona. Na mesma ocasião, foi descerrado o padrão comemorativo deste acto, que foi construído no extremo dos muros de alvenaria do lado de Entre-os Rios e, no qual, se acha inscrito o nome da ponte e data da sua construção.



Figura 2 – Monumento em honra do Eng. Duarte Pacheco

À inauguração assistiram Sua Ex.^a o Ministro das Obras Públicas e Comunicações, o Sr. Eng. Duarte Pacheco, o sub Secretário de Estado das Obras Públicas e Comunicações, o Bispo do Porto, o Governador Civil, o General Comandante da Primeira Região Militar, o presidente da Junta Autónoma de Estradas, presidentes das câmaras municipais de Penafiel e de Marco de Canavezes e outras entidades oficiais.

O chefe de estado, General Carmona, tinha vindo ao Norte à inauguração e encerramento do II Congresso Transmontano e, em Entre-os-Rios, depois da inauguração da ponte Duarte Pacheco sobre o Tâmega, foi-lhe servido e à sua comitiva um almoço, no Grande Hotel da Torre, oferecido pela câmara municipal de Penafiel.

Pelas 16h, o General Carmona desfilou pelas avenidas da cidade que se apresentavam de aspecto alegre e festivo, para a inauguração do novo edifício dos correios (hoje Telecom telégrafos e telefones de Penafiel).

Na portaria de 5 de Junho de 1941, foi determinado que esta obra passasse a ser designada por “PONTE DUARTE PACHECO”.



Figura 3 – Aspecto da Ponte

1.2.2 Local

Esta ponte dá continuidade à estrada nacional Porto-Amarante, que passa pela foz do rio Sousa, Entre-os Rios, de forma a transpor o rio Tâmega. A primeira localização foi estabelecida pelo Eng. Júlio Portela, mesmo em frente da povoação do Torrão.

Apesar de esse ser um bom traçado para a estrada, tinha o grande inconveniente de obrigar a uma ponte de grande extensão e portanto muito dispendiosa.

Assim, e porque cheias subsequentes aconselharam à adopção de uma rasante para a estrada com cota mais elevada, foi escolhido um local perto da foz do rio Tâmega e a montante do primeiro. Nesse local, o rio já apresenta uma secção transversal mais reduzida e na margem esquerda aflora um maciço rochoso favorável à construção de um encontro.

Nessa secção transversal, foram realizadas uma série de sondagens e procedeu-se à elaboração de um projecto que foi submetido em 13 de Maio de 1931 à apreciação do Conselho Superior de Obras Públicas, cujo parecer foi emitido em 17/12/1931. Este parecer levou a Junta Autónoma de Estradas a proceder a novos estudos e a escolher um ponto do rio um pouco a jusante do preferido anteriormente.

Foram realizados novos ensaios no local escolhido e verificou-se não ser necessário atribuir aos pilares maior altura, nem a ponte ser mais comprida do que previsto inicialmente. Desta forma, escolheu-se esta localização, a actual, já que ficaria mais próxima da foz do rio Tâmega, como era desejo dos povos da região e daria melhor traçado aos acessos à ponte.

É de realçar que foi previsto que a ponte deveria ser bastante utilizada por ficar próxima de uma das mais importantes estâncias termais do país.

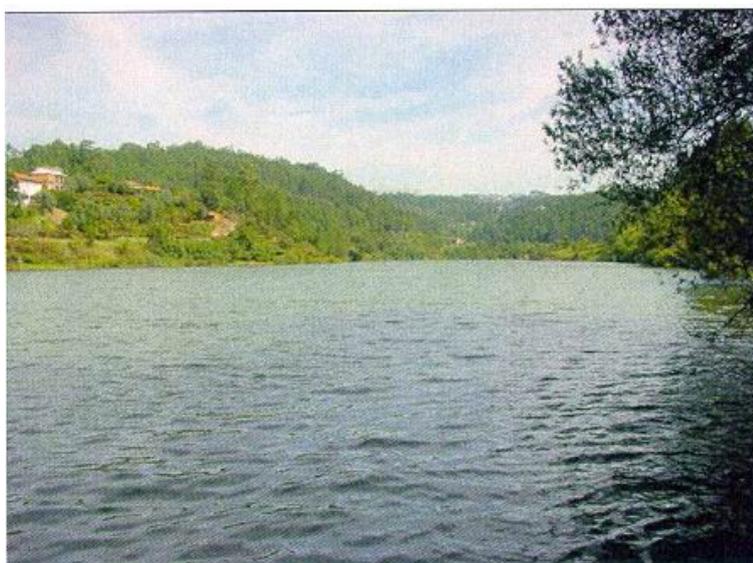


Figura 4 – Envolvente ambiental a montante

Esta localização pode ser observada na planta apresentada em anexo.

2. Materiais e Caracterização Estrutural

2.1 Materiais

Esta ponte foi realizada em alvenaria e cantaria em vez de ferro ou betão armado, não só para evitar a importação de grande quantidade de ferro, mas de forma a aproveitar também a grande abundância de pedra granítica de boa qualidade que existe na região. Além disso, como nessa altura existia muito desemprego na região, esta ponte foi fundamental no restabelecimento do equilíbrio social.

É de realçar que foi escolhido este material já que o aspecto da região, situada na confluência de dois grandes rios de margens alcantiladas, ricas em granito e bastante arborizadas, permite que uma ponte de alvenaria de aspecto agradável se enquadre bem na paisagem.

2.2 Caracterização Estrutural

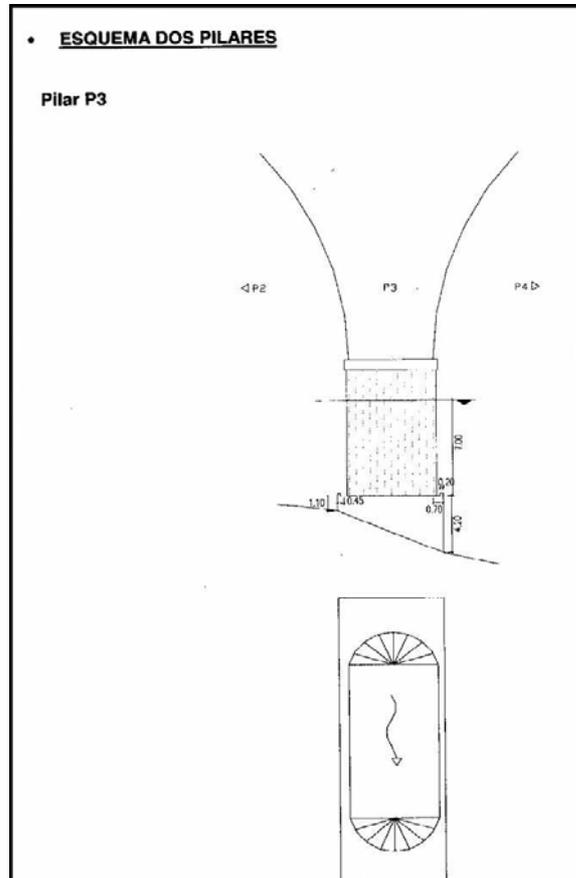
A estrutura é constituída por três grandes arcos de volta inteira, em cantaria de granito, com 40m de diâmetro e de vão, que vencem a parte do traçado normalmente submersa pelo rio. Esta parte fica delimitada por dois viadutos formados por dois arcos de 6m cada. Os tímpanos dos grandes arcos são aligeirados por arcos mais pequenos de 3,1m de diâmetro.

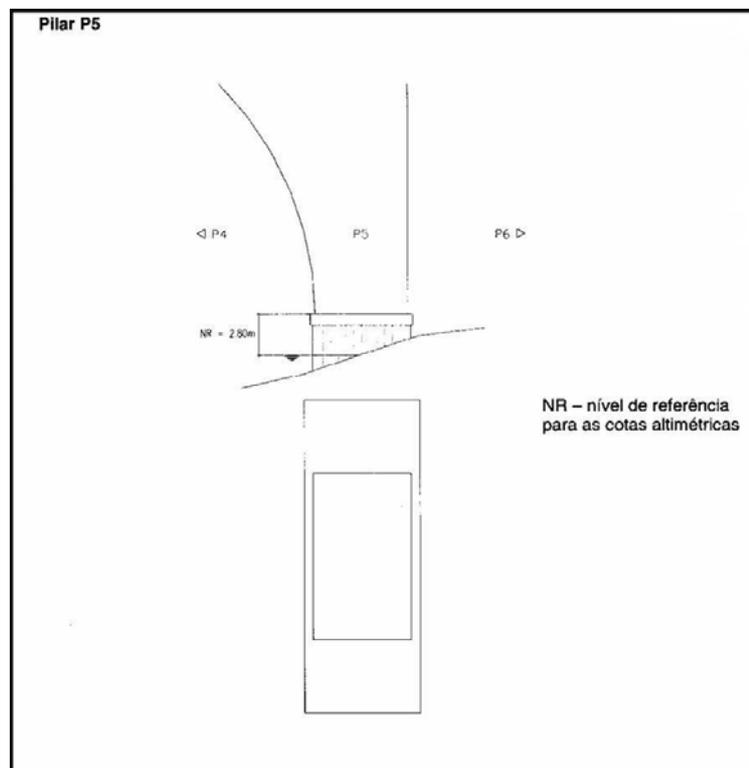
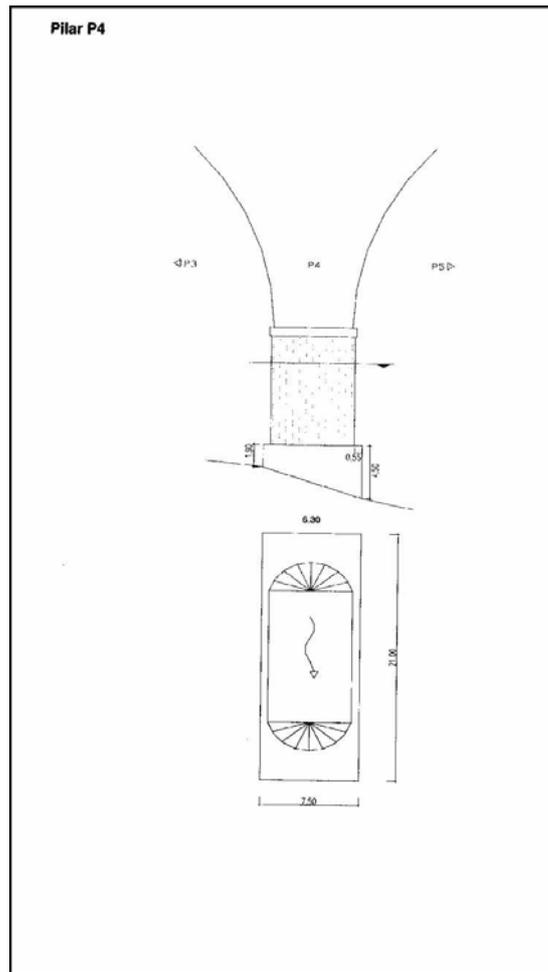
Os pilares dos arcos de 6m e os encontros são de alvenaria revestidos de cantaria que assentam directamente na rocha granítica. Os dois pilares centrais da obra, que se vêem na figura 5, são quadrados, tendo na base uma largura de 6,2m e reduz-se no topo para 5m apenas. Os pilares extremos têm uma largura de 5,7m no topo.



Figura 5 – Arco de 40m de vão

Numerando os pilares da margem direita para a margem esquerda, apresentam-se os esquemas dos pilares P3, P4 e P5.





Na sua fundação, foi necessário empregar para as fundações dos dois pilares centrais o processo de caixões de betão armado cravados por “havage” até à rocha que, depois, foram cheios com betão de fraca dosagem.

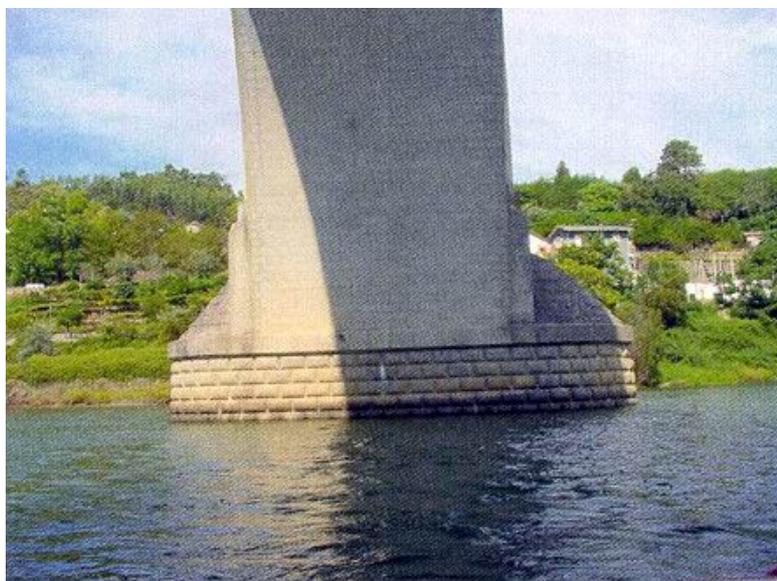


Figura 6 – Pormenor da fundação de um dos pilares principais

Os dois arcos principais no cume têm uma espessura de 1,1m e distam do nível superior dos passeios cerca de 1m.

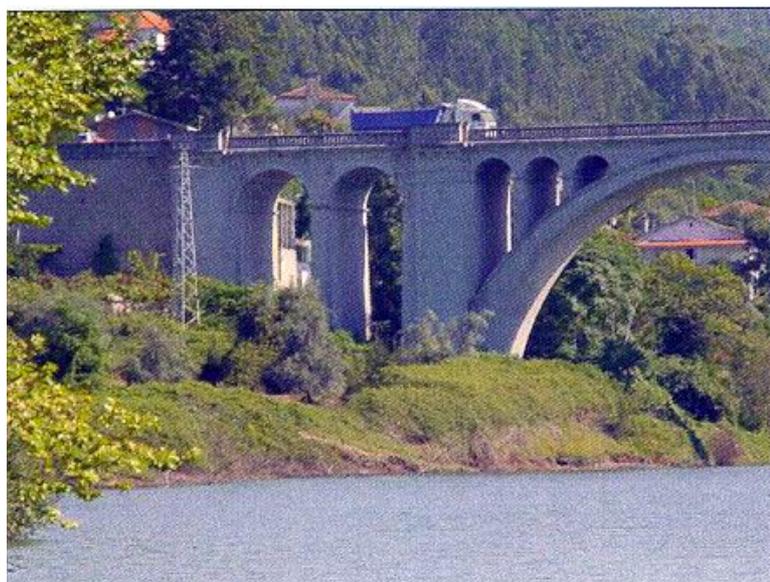


Figura 7 – Pormenor dos arcos de 6m e dos tímpanos aligeirados

À ponte seguem-se os muros de suporte da estrada com os paramentos revestidos em alvenaria de mosaico para fazer realçar a primeira parte, onde todos os paramentos são revestidos de cantaria.



Figura 8 – Pormenor dos arcos de 40m e dos tímpanos aligeirados

3. Processo de Cálculo

Numa ponte de alvenaria, à qual se pretende dar um certo aspecto de magnitude, é condição essencial atribuir-se proporções que a estética exige, embora a verificação de estabilidade demonstre que algumas das suas partes possam ficar bastante abaixo dos limites geralmente adoptados.

Por outro lado, devemos notar que em construções de alvenaria não é prudente “levar” os materiais a trabalhar próximo dos limites máximos admissíveis, com a mesma segurança obtida nas construções metálicas, visto o aço ser um material bastante homogéneo e com propriedades bem definidas. Inúmeros factores podem, durante a construção, alterar até certo ponto as hipóteses formuladas no cálculo.

Por todas essas razões, no projecto da ponte do Tâmega, fixou-se as dimensões das abóbadas e pilares, seguindo rigorosamente as fórmulas práticas apresentadas por Séjourné

(“Grands Voutes”) como resultado de um cuidadoso estudo feito sobre milhares de abóbadas, conscientes de que deste modo foi garantida uma perfeita segurança para a obra.

Em todos os detalhes construtivos da ponte, foram seguidas as indicações dadas por Séjourné.

Nos cálculos dos diferentes elementos da ponte, adoptaram-se as sobrecargas previstas no regulamento de pontes metálicas daquela época.

Assim, para os arcos de 3,1m e de 6m de vão considerou-se a acção das cargas concentradas correspondentes aos eixos de 12ton do camião regulamentar, colocadas nas posições mais desfavoráveis.

Pelo contrário, para os arcos de 40m de vão considerou-se a acção de uma carga uniformemente distribuída de 660 kg/m².

Na verificação da estabilidade dos arcos de 3,1m e 6m de vão, foi empregue o processo exposto por “Magny” que era usado também no cálculo de outros arcos. Este processo permite traçar com facilidade as linhas de influência e verificar, portanto, as posições mais desfavoráveis para a colocação de sobrecarga rolante, que neste caso se revelou predominante.

A estabilidade dos arcos de 40m de vão foi verificada pelo método exposto por “jean Résal”, na sua obra “Ponts en Maçonerie”, o qual tinha sido já empregue no primeiro projecto da ponte do Tâmega.

Foi considerada nos cálculos a influência da variação de temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$, só para os arcos de 40m conforme recomenda Résal e Séjourné para os arcos de grandes vãos. Nos cálculos dos arcos de 3,1m e de 6m de vão, não foi feita esta verificação por se achar desnecessário.

Para melhor se determinar a melhor ocasião em que se deveria fazer o descimbramento dos arcos de 40m, foram estudadas as curvas das pressões no caso dos arcos simplesmente sujeitos ao seu peso próprio e também carregados com os pilares dos arcos de 3,1m. Verificou-se que o descimbramento só deveria ser feito depois destes pilares estarem concluídos, mas antes de se fecharem os arcos de pequenos vãos.

A verificação da estabilidade dos pilares entre arcos de 6m e 40m foi feita considerando um dos arcos carregados e outro descarregado e traçando, depois, a resultante das duas reacções com o peso próprio do pilar e do enchimento que lhe está por cima.

Nos pilares dos arcos de 3,1m foi empregue outro método, não só porque a acção da carga rolante é mais condicionante que nos arcos de 6m, como também os pesos dos pilares são bastante menores. O método que foi utilizado baseou-se na teoria de Ritter e de Loisier sobre arcos contínuos assentes sobre pilares, com as simplificações julgadas possíveis para arcos e pilares de pequenas dimensões.

4. Processo Construtivo

4.1 Estrutura

A construção dos arcos foi realizada através de cimbres, cuja estrutura pode ser observada no esquema em anexo.

Todavia, pode-se referir que naquela época, pelo caderno de encargos, o empreiteiro era obrigado a apresentar para aprovação da fiscalização o seu projecto completo tal como o pensava executar. Assim, conseguia-se por vezes preços mais vantajosos para as obras, já que cada empreiteiro era levado a estudar o tipo de cimbra que melhor pudesse aproveitar os materiais que possuía ou que com mais facilidade conseguisse obter.

4.2 Fundações

As fundações dos encontros e pilares nº1,2,5 e 6, pela ordenação atrás referida, foram feitas a céu aberto e assentam directamente na rocha firme, pelo que a sua construção não merece referência especial.

Porém, as fundações dos pilares 3 e 4, que correspondem ao leito do rio foram executadas por processos especiais, tendo em atenção que foram construídos dentro de água., sendo grande a altura de areia acima do leito rochoso e a inclinação deste. O processo que se utilizou consistiu na cravação, sobre ilhas artificiais de areia de caixões multicelulares, com as paredes em betão

armado, tendo nos bordos inferiores cutelos de ferro para facilitar a cravação. Os caixões foram descidos até à rocha por escavação interna e efectuada por dragas especiais de colher. Para que os caixões pudessem assentar sobre uma superfície horizontal, senão em todo o comprimento pelo menos numa parte, previu-se fazer a escavação de rocha por meio de ar comprimido, aproveitando-se as células dos caixões, que foram fechadas na parte superior, para câmaras de trabalho, com a conveniente adaptação de antecâmara. A escavação de rocha foi realizada com brocas de ar comprimido e, assim, se procedeu ao desmonte para formação da bancada onde assentou o caixão.

No pilar nº4, cuja fundação atinge 17,7m abaixo do fundo do rio, fez-se a regularização da rocha na superfície total do apoio do caixão.

No pilar nº3, que atinge a profundidade de 12,5m, a regularização total da base de apoio implicou um desmonte considerável de rocha, já que é a maior inclinação de leito rochoso, mas só para assentar pouco mais de metade do caixão. Na outra parte, que não ficou em contacto com a rocha, procedeu-se a uma dragagem mais profunda abaixo do cutelo até a encontrar, enchendo-se depois a parte dragada com betão. Injectou-se calda cimento sob pressão nas areias circundantes aos bordos inferiores do caixão, de maneira a formar um apoio artificial suficientemente sólido.

A selagem dos caixões foi feita com betão de traço 1:1,5:3 até à altura de 1,5m acima do cutelo, facilitando a sua prisão às paredes pelas saliências existentes na parte inferior das células. Após a selagem, procedeu-se à retirada da água que se encontrava dentro dos caixões, sendo estes posteriormente cheios com betão pobre de traço 1:4:6 até à altura de 1m abaixo dos bordos superiores das paredes, para que fosse construída uma sapata geral com esta espessura feita com betão de traço 1:3:5.

A fim de se poderem assentar as fiadas de cantaria e alvenaria dos pilares que ficam submersos, prolongaram-se as paredes dos caixões com uma parede de betão armado de 8cm de espessura que serviu de ensecadeira e que foi demolida logo que se pôde construir o pilar, acima do nível da água.



Figura 9 – Pormenor da Fundação

5. Inspeção de Infraestruturas

Achou-se interessante referenciar uma inspeção feita a 08/09/2001 pelo Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária.

5.1 Inspeção aos Pilares

Por análise dos pilares, foi concluído que, de uma forma geral, as cantarias estão em bom estado e que não foi registada nenhuma anomalia nestes pilares.

5.2 Inspeção às Fundações

Por análise das fundações, concluiu-se que as partes visíveis não evidenciavam qualquer anomalia estrutural. Também se verificavam variações assinaláveis na cota do leito do rio em torno dos pilares P3 e P4, evidenciando erosão do leito do rio.

Não foram detectados quaisquer indícios de assentamentos ou rotura das fundações.

Face às variações de profundidade verificadas em torno dos pilares P3e P4, foi aconselhado a colocação de material (enrocamento) em torno das fundações destes pilares, de forma a evitar a erosão do leito que pode provocar o descalce da fundação.

Em termos de estado da superestrutura, esta evidencia infiltrações, apresentando estalactites dispersas pela estrutura.

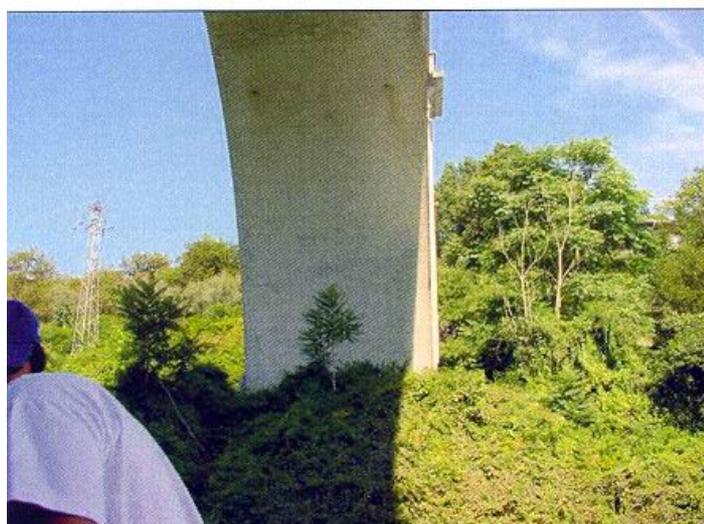


Figura 10 - Vista geral do pilar P2

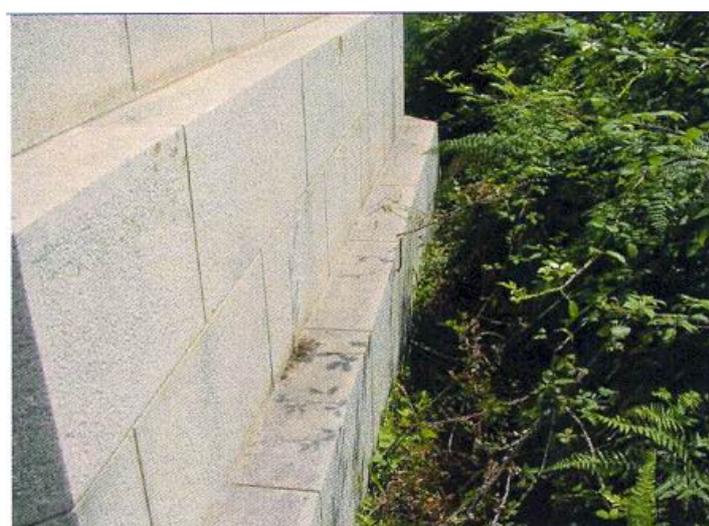


Figura 11 - Pilar P2 – face de jusante

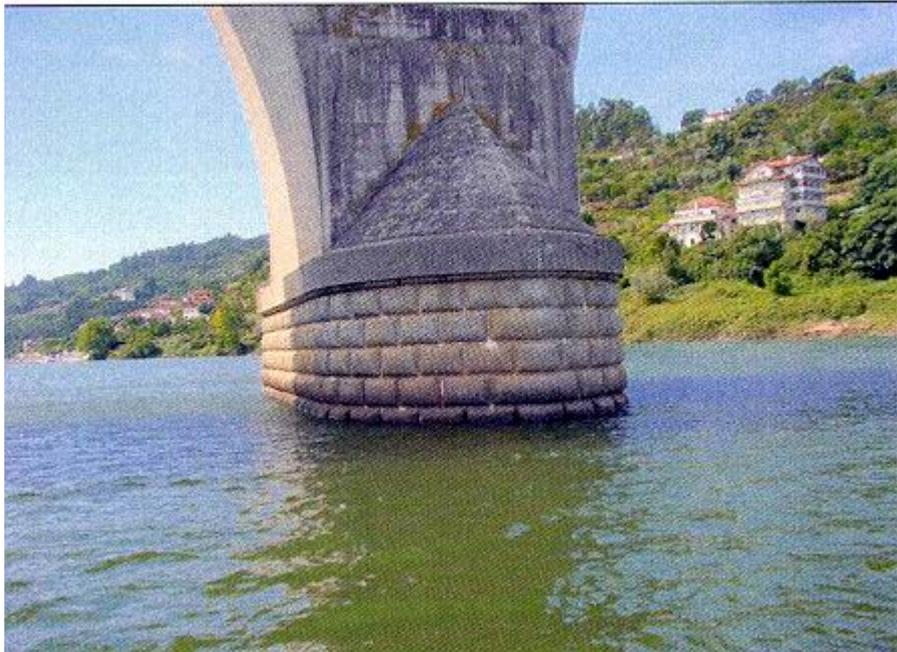


Figura 12 - Vista do pilar p4



Figura 13 - Vista inferior do arco – existência de fissuras que permitem a passagem de água denunciada pela existência de estalactites

A conclusão final desta inspeção foi a de que as infraestruturas estão em bom estado, não merecendo reparos no respeitante ao seu estado de conservação.

Todavia, considera-se conveniente a regularização do leito na zona envolvente dos pilares P3, P4 e P5, de forma a evitar a erosão do leito do rio.

5.3 Perfis Transversais do Leito do Rio

Os perfis transversais foram realizados, utilizando uma sonda de profundidade a partir da embarcação. O erro de medição é cerca de 1m.

Para facilitar a visualização foram elaborados gráficos que ilustram em 2D aquela informação.

Foram realizados sete perfis transversais com a seguinte designação:

M15 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 15m a montante da ponte.

M8 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 8m a montante da ponte.

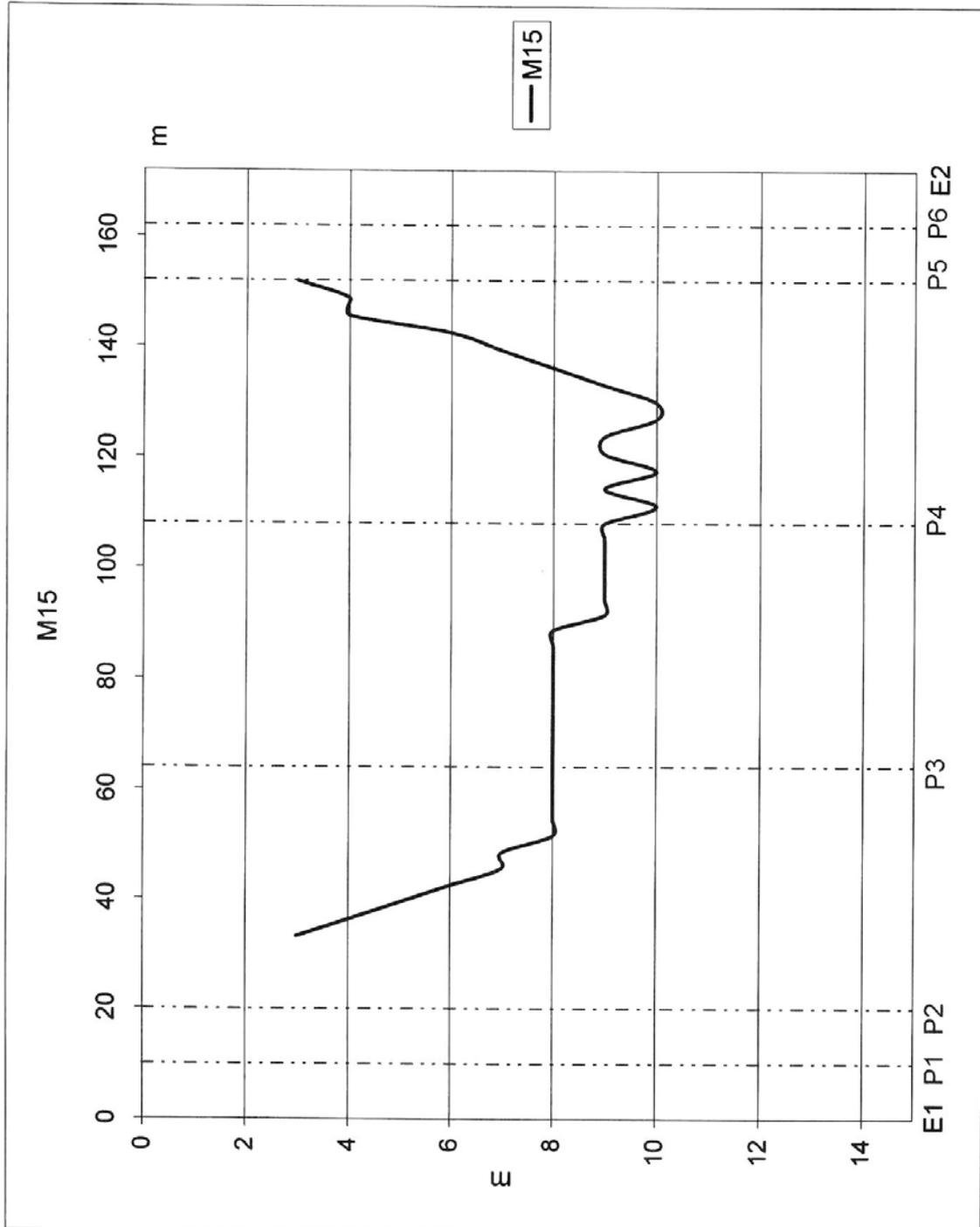
M4 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 4m a montante da ponte.

0 – alinhamento transversal realizado no eixo da ponte.

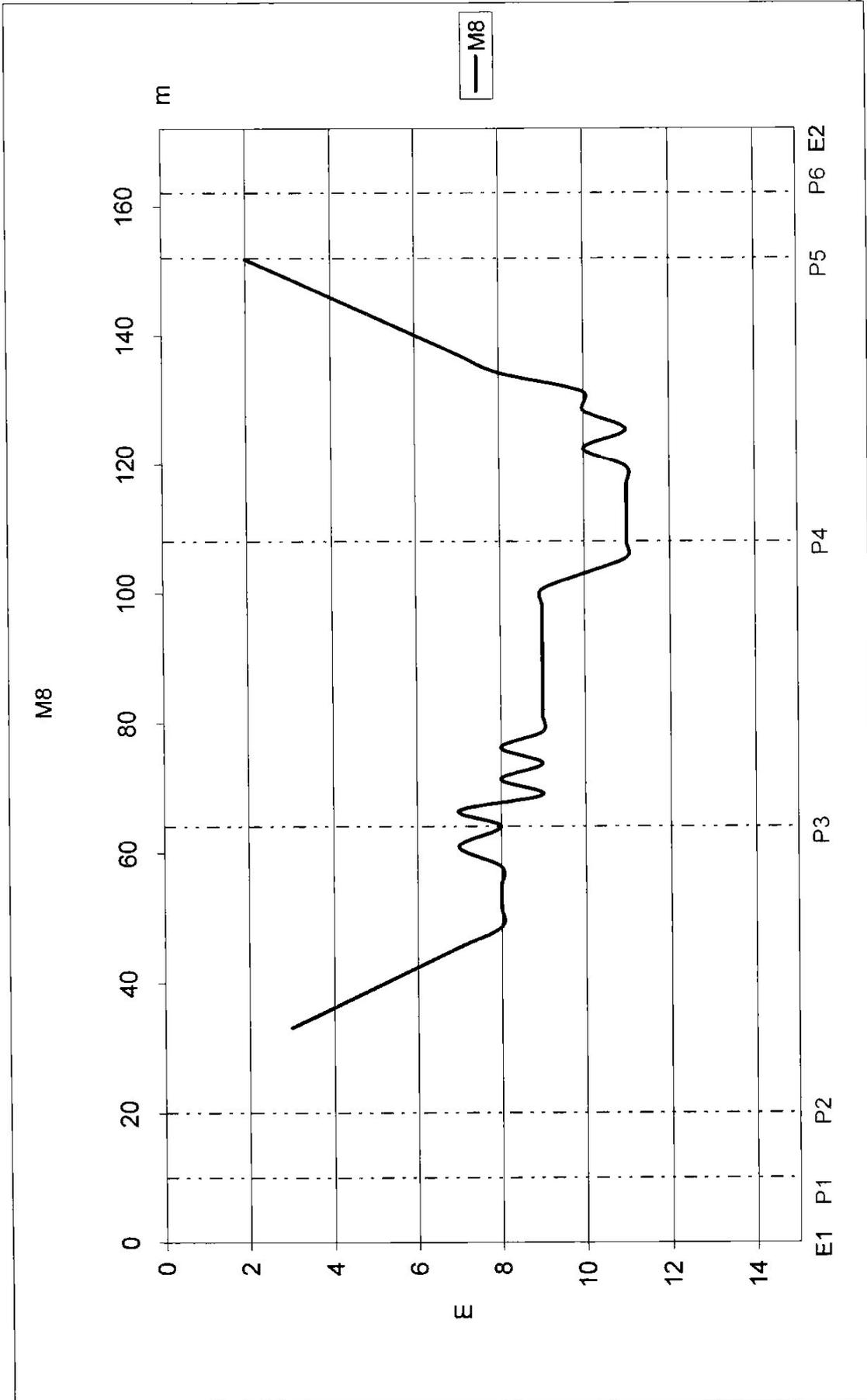
J4 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 4m a jusante da ponte.

J8 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 8m a jusante da ponte.

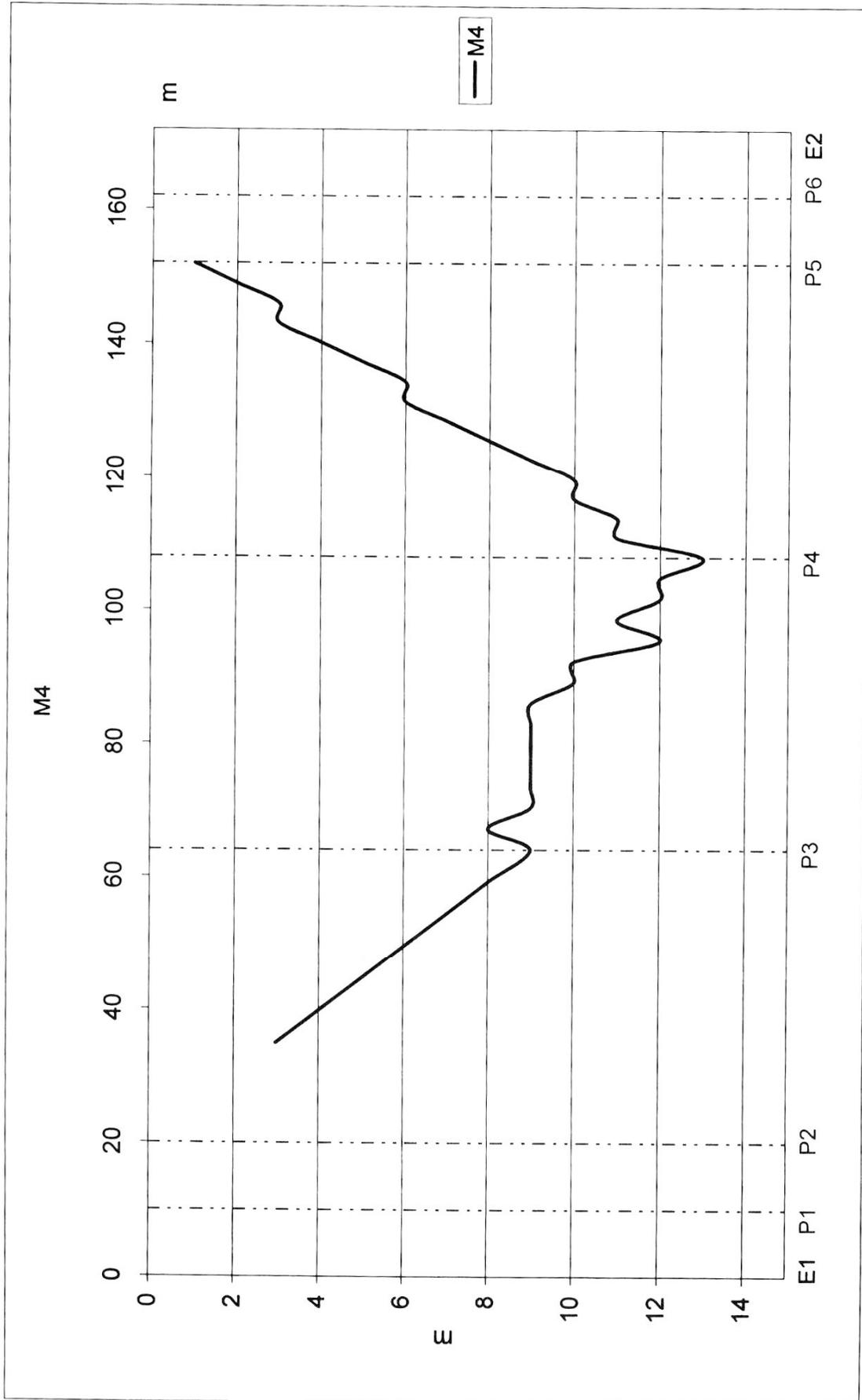
J15 – alinhamento transversal realizado, aproximadamente, a 15m a jusante da ponte.



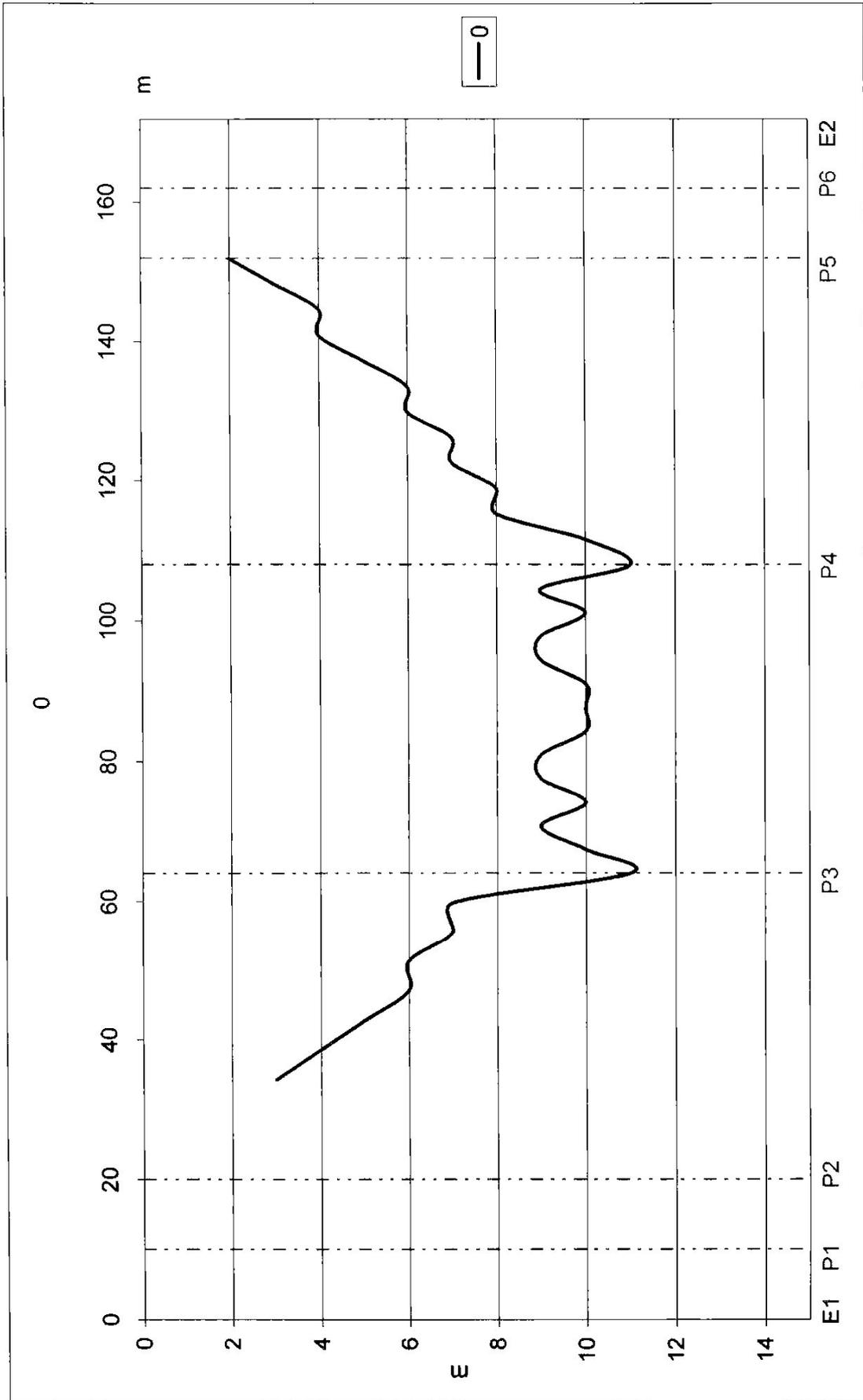
Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



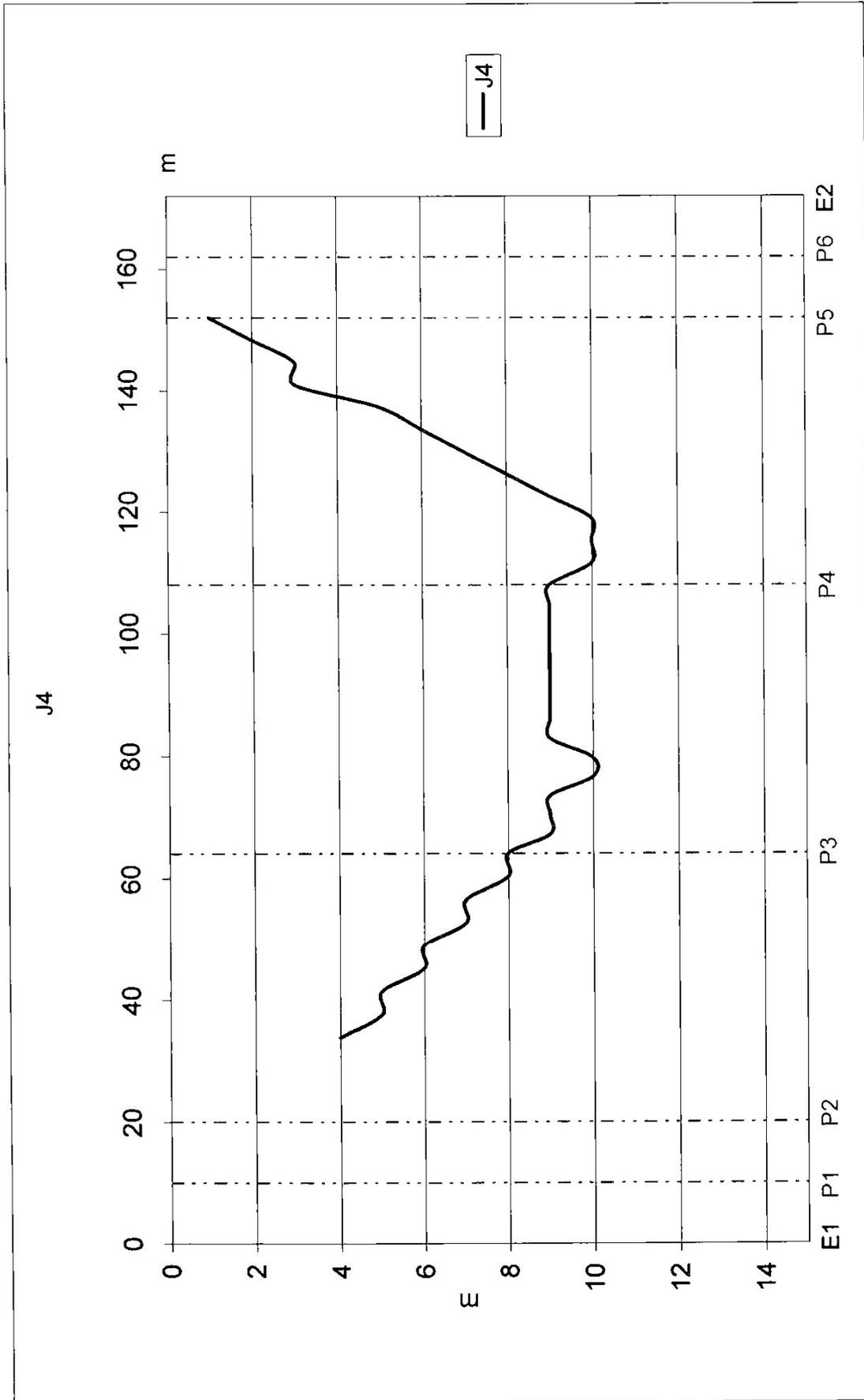
Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



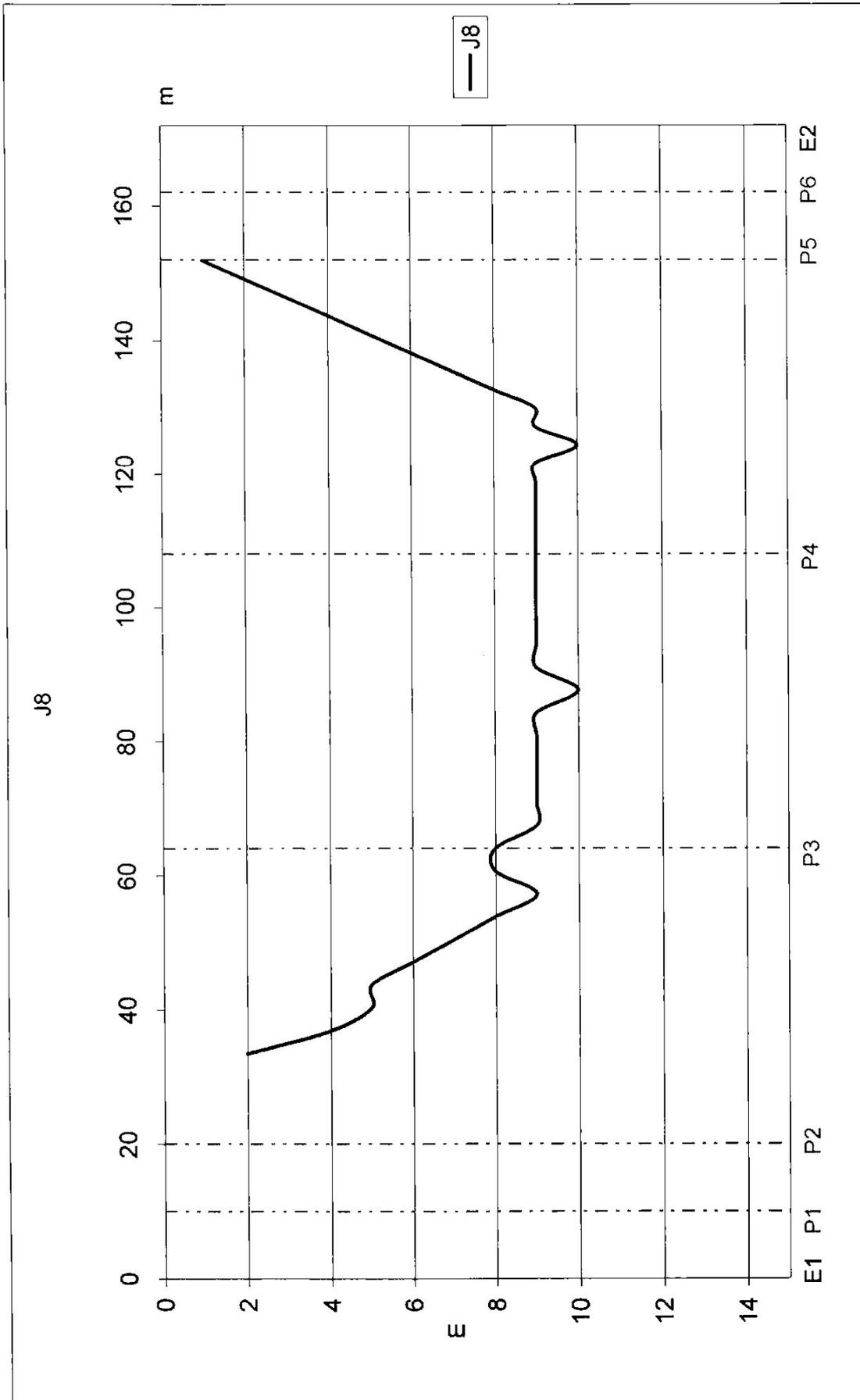
Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



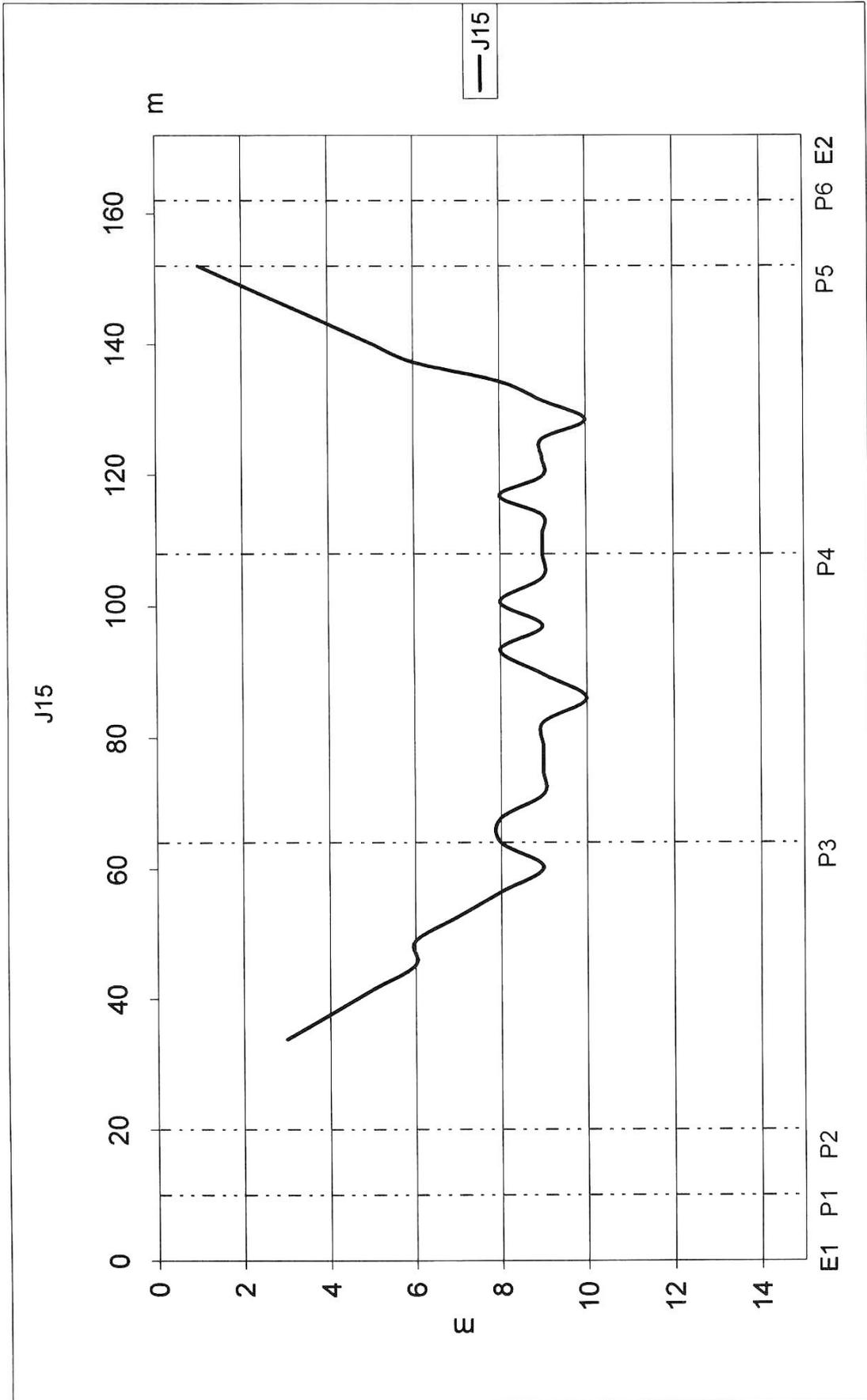
Ponte de Entre-os-Rios sobre o
Rio Tâmega
EN 106



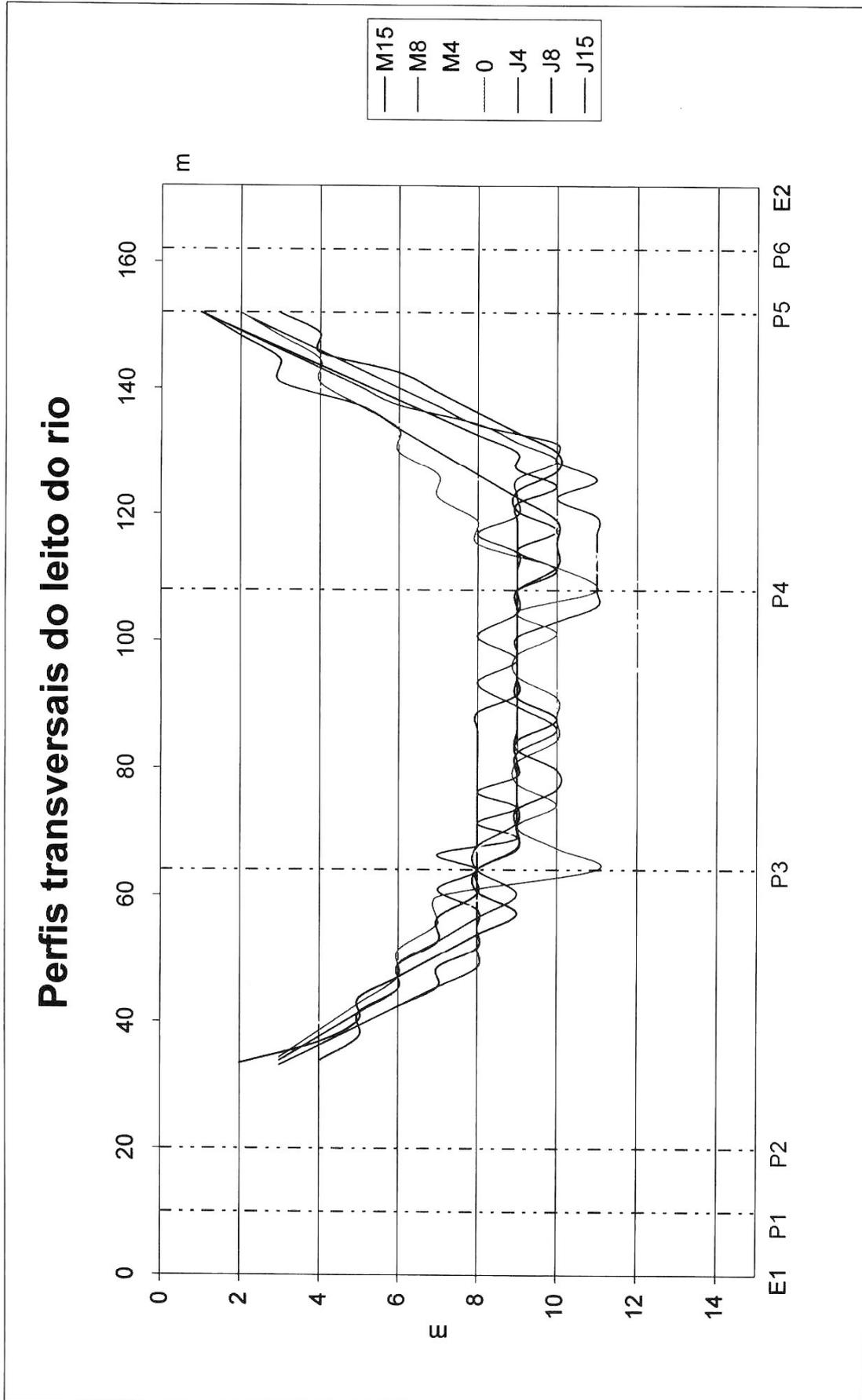
Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



Ponte de Entre-os-Rios sobre o Rio Tâmega
EN 106



Ponte de Entre-os-Rios sobre o
Rio Tâmega
EN 106

6. Bibliografia consultada

Todo o trabalho apresentado decorreu de um processo e pesquisa de peças escritas disponíveis no IEP e, ainda, de alguma informação de fornecida pelo professor Adão da Fonseca.

Assim, os textos apresentados constituem um resumo de:

[1] - Memória de cálculos, memória descritiva, e peças desenhadas fornecidos pelo IEP

[2] – Relatório de Inspeção, Inspeção de Infraestruturas Submersas.

7. Agradecimentos

Gostaríamos de expressar os nossos sinceros agradecimentos ao Dr. João Oliveira por toda a sua disponibilidade e simpatia.

Anexos