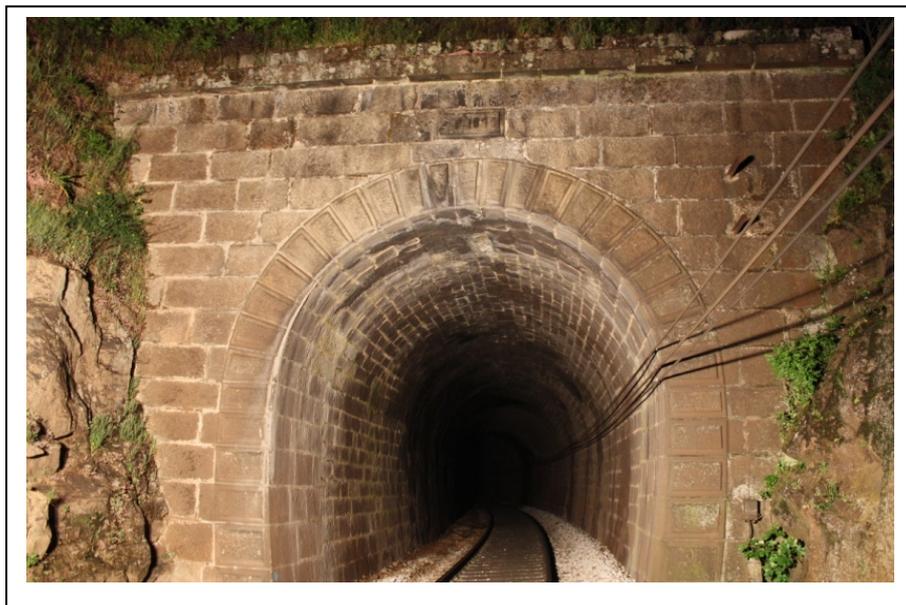




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



Reabilitação do Túnel do Loureiro **Criação de Condições para a sua Eletrificação**

NEUZA ISABEL DE OLIVEIRA VALENTE
Licenciada em Engenharia Civil

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área
de Especialização em Vias de Comunicação e Transportes

Orientadores:

Licenciado António Sequeira da Cruz, Equiparado Assistente 2ºT
(ISEL)

Licenciada Dora Carracha, Engenheira Civil (GIBB Portugal)

Júri:

Presidente: Licenciada Luísa Maria Cardoso Teles Fortes,
Especialista da O.E., Prof. Adjunta (ISEL)

Vogais:

Licenciado Armando do Carmo Martins, Equiparado Professor Adjunto
(ISEL)

Licenciado António Sequeira da Cruz, Equiparado Assistente 2ºT
(ISEL)

Licenciada Dora Carracha, Engenheira Civil (GIBB Portugal)

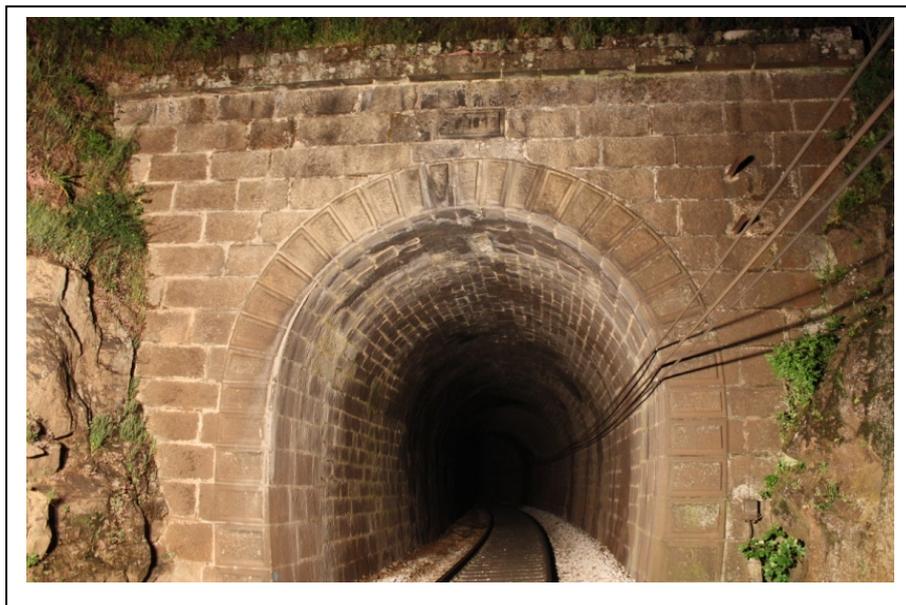
Fevereiro 2012



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Reabilitação do Túnel do Loureiro Criação de Condições para a sua Eletrificação

NEUZA ISABEL DE OLIVEIRA VALENTE

Licenciada em Engenharia Civil

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área
de Especialização em Vias de Comunicação e Transportes

Orientadores:

Licenciado António Sequeira da Cruz, Equiparado Assistente 2ºT
(ISEL)

Licenciada Dora Carracha, Engenheira Civil (GIBB Portugal)

Júri:

Presidente: Licenciada Luísa Maria Cardoso Teles Fortes,
Especialista da O.E., Prof. Adjunta (ISEL)

Vogais:

Licenciado Armando do Carmo Martins, Equiparado Professor Adjunto
(ISEL)

Licenciado António Sequeira da Cruz, Equiparado Assistente 2ºT
(ISEL)

Licenciada Dora Carracha, Engenheira Civil (GIBB Portugal)

Fevereiro 2012

RESUMO

Existe uma necessidade de reabilitação das linhas mais antigas para que estas possam dar maior conforto, comodidade e segurança aos utentes e para que o caminho-de-ferro possa ser competitivo com outros meios de transporte.

A REFER é a empresa que gere a conservação, manutenção, renovação das linhas de caminho-de-ferro existentes e a construção de novas linhas. No caso em estudo, trata-se de uma linha de caminho-de-ferro antiga a necessitar de renovação/manutenção, sendo por isso a REFER a empresa responsável pelo lançamento de novos projetos neste âmbito.

Este relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito do estudo de soluções para a reabilitação do túnel do Loureiro, com o objetivo da criação de condições para a sua eletrificação.

Foram equacionados três cenários possíveis, todos eles com o propósito da futura eletrificação da via. A primeira solução passa pela conversão de via balastrada em via não balastrada dentro do túnel, a segunda solução cinge-se à intervenção nas bocas do túnel e nas zonas de alvenaria, e a terceira hipótese é uma solução de rebaixamento de via.

De entre as três hipóteses, optou-se por estudar a terceira solução de rebaixamento da via, em detrimento das outras duas devido à sua complexidade de trabalhos e ao seu elevado custo de construção.

PALAVRAS-CHAVE

Carril, Barra Longa Soldada (BLS), travessa de madeira, travessa de betão bi-bloco, fixações, balastro, aparelho de dilatação (AD), superestrutura ferroviária, via-férrea, perfil transversal, gabarito ferroviário, rebaixamento de via, renovação de via.

ABSTRACT

There is a need for rehabilitation of older lines so that they can give more comfort, convenience and safety to users in order that the railway can be more competitive with other means of transport.

REFER is the company that manages the storage, maintenance, renewal of the existing railway lines and construction of new ones. In this particular case, it is an old railway line in need of renovation/ maintenance, therefore REFER is the company responsible for launching new projects in this area.

This report was developed in the study of solutions for the rehabilitation of the Loureiro tunnel, with the objective of creating conditions for its electrification.

Three possible scenarios were considered all with the purpose of the future electrification of the railway. The first solution considers the possibility of converting the ballasted railway inside the tunnel into non-ballasted railway. The second solution seems to provide the tunnel entrances with enough vertical clearance for the electrification of the tunnel. The third approach studied, recommends lowering the railway.

Of the three hypotheses, we chose to study the third solution of lowering the railway, in detriment to the other two, due to the complexity of work and the high cost of construction.

KEY WORDS

Rail, Long Welded Rail (LWR), wooden sleeper, twin block sleeper, fastenings, ballast, expansion device(AD), railway superstructure , transverse profile, rail gauge, lowering of the track, track renewal, renovation, maintenance, rods.

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer ao meu orientador, Eng.º António Sequeira da Cruz, pelo seu apoio, a sua prontidão e a sua disponibilidade constante na resolução de todas as dúvidas que foram surgindo ao longo deste estudo.

À minha orientadora Eng.ª Dora Carracha, que me apoiou na concretização deste trabalho.

Ao Eng.º Jaime Ramos, pela sua disponibilidade e apoio prestados.

À empresa GIBB Portugal, pelo seu apoio e disponibilidade prestados.

À minha irmã pelo seu suporte, assim como pela revisão final de todo o texto.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo seu apoio a todos os níveis durante este ano letivo.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DO TEXTO

RESUMO.....	I
PALAVRAS-CHAVE.....	I
ABSTRACT	II
KEY WORDS.....	II
AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE GERAL	V
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	IX
01. INTRODUÇÃO	1
02. OBJECTIVO	3
03. ENQUADRAMENTO	5
04. ELEMENTOS DE SUPORTE.....	7
04.01. Reconhecimento Visual.....	7
04.02. Topografia a Clássico.....	10
04.02.01 Coordenação	10
04.02.02 Nivelamento.....	12
04.02.03 Perfis transversais	13
04.03. Varrimento Laser (LaserScan)	15
04.04. Topografia Especifica do Túnel do Loureiro e da Má Passada	15
04.04.01 Apoio topográfico.....	15
04.04.02 Coordenação da via-férrea.....	16
04.04.03 Nivelamento e Perfil Longitudinal.....	17
04.04.04 Poligonal.....	17
04.04.05 Perfis transversais	18
05. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE.....	19
05.01. Estrutural	19
05.02. Drenagem.....	20
05.03. Via.....	21
05.03.01 Traçado.....	21
05.03.02 Armamento de Via.....	21
06. CONDICIONANTES.....	23
06.01. Físicas	23
06.02. Construtivas.....	23
06.03. Exploração.....	24
07. CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO.....	25

07.01.	Conversão de via balastrada em via não balastrada	25
07.02.	Intervenção nas bocas do túnel e nas zonas de alvenaria	25
07.03.	Rebaixamento da via balastrada.....	26
07.04.	Análise comparativa	26
08.	SOLUÇÃO APRESENTADA	31
08.01.	Traçado em Planta	32
08.02.	Análise Dinâmica de Traçado	34
08.03.	Traçado em Perfil Longitudinal.....	44
08.04.	Perfil Transversal Tipo.....	47
08.05.	Interligação e iteração entre especialidades.....	48
08.06.	Armamento de via	49
08.06.01	Carris	49
08.06.02	Travessas e fixações.....	49
08.06.03	Sobre-bitolas	50
08.06.04	Aparelhos de dilatação	50
08.07.	Faseamento construtivo	56
08.08.	Trabalhos de via	57
08.08.01	Descarga e Regularização de Balastro.....	57
08.08.02	Ataque e Estabilização Dinâmica de Via.....	59
08.08.03	Esmerilagem Preventiva dos Carris	60
08.09.	Medições	61
08.10.	Estimativa Orçamental	62
09.	CONCLUSÃO.....	63
10.	GLOSSÁRIO	67
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73

ANEXOS

ANEXO I

- Planta e Perfil Longitudinal – Folha 1 / 2
- Planta e Perfil Longitudinal – Folha 2 / 2
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 1 / 3
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 2 / 3
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 3 / 3

ANEXO II

- Perfis transversais tipo

ANEXO III

- Mapa de Quantidades de Trabalho

ANEXO IV

- Definição de Preços Unitários

ANEXO V

– Estimativa Orçamental

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I – Coordenadas dos vértices	17
Quadro II – Vantagens e Desvantagens de via balastrada e via não balastrada.....	27
Quadro III – Características de traçado em planta	33
Quadro IV – Parâmetros de projecto de traçado de via, segundo a NP ENV 13803-1. 2007....	40
Quadro V – Cálculo dinâmico da via	42
Quadro VI – Traçado do perfil longitudinal.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I – Localização geográfica dos túneis do Loureiro e da Má Passada	5
Figura II – Determinação do ponto perpendicular ao ponto A da fila alta, na fila baixa.	11
Figura III – Procedimento para devida compensação de desquadramento	11
Figura IV – Nivelamento geométrico	12
Figura V – Método de determinação de estação a partir de um ponto coordenado.....	14
Figura VI – Determinação de pontos sobre o eixo do perfil transversal	14
Figura VII - Secção do revestimento de alvenaria existente com recalçamento	20
Figura VIII – Cunha de resistência. (NT 4/b. 1986. Anexo V).....	52
Figura IX – Reforço de banquetas de balastro. (NT 4/b. 1986. Anexo V)	53
Figura X – Comboio de balastro. (GIBB Portugal).....	58
Figura XI – Descarga de balastro. (GIBB Portugal).....	58
Figura XII – Regularizadora de balastro. (GIBB Portugal).....	59
Figura XIII – Atacadeira Mecânica Pesada. (GIBB Portugal)	59
Figura XIV – Estabilizadora dinâmica de via. (GIBB Portugal).....	60
Figura XV – Esmerilagem preventiva. (GIBB Portugal).....	61

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 – Entrada no Túnel do Loureiro	7
Foto 2 – Interior do túnel	8
Foto 3 – Abóboda em de alvenaria no interior do túnel	8
Foto 4 – Armamento de via no interior do túnel.....	9
Foto 5 – Órgão de drenagem de via	9
Foto 6 – Órgão de drenagem de via, que atravessa inferiormente a via encaminhando a água para uma linha de água existente.	10

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AD – Aparelho de Dilatação

BLS – Barra Longa Soldada

CEN – Comité Europeu de Normalização

cm – centímetro

CRC- CPb+ – Contorno de referência cinemático CPb+

ENV – Norma Europeia

km/h – quilómetro por hora

m – metro

mm - milímetro

NP – Norma Portuguesa

NT – Norma Técnica

Pk – Ponto quilométrico

PTT – Perfil transversal tipo

REFER – Rede Ferroviária Nacional

SIG – Sistema de informação geográfica

01. INTRODUÇÃO

O primeiro comboio do mundo circulou pela primeira vez em Inglaterra no ano de 1825. Passados alguns anos, em 1854, nasceu a companhia ferroviária portuguesa. Dois anos mais tarde, foi então inaugurado o primeiro troço de caminho-de-ferro em Portugal, ligação Lisboa (Santa Apolónia) / Carregado, pelo rei D. Pedro V.

Em 1867, foi autorizada a construção da linha do Douro. Esta é uma linha de bitola ibérica (1668mm), e faz a ligação entre Ermesinde e Barca d'Alva, numa extensão de cerca de 200km. Esta linha desenvolve-se junto às margens do rio Douro em grande parte do seu percurso. Devido à difícil orografia do terreno, a linha do Douro possui cerca de 23 túneis e 35 pontes.

No seguimento do que a empresa REFER tem vindo a fazer ao longo dos anos com o intuito de modernizar a rede ferroviária nacional, melhorando as acessibilidades e as condições de circulação, reduzindo tempos de percurso e garantindo acrescidas condições de segurança e de qualidade da prestação de serviço, também este trabalho de reabilitação do túnel do Loureiro e da Má Passada, surge da necessidade da criação de condições para a sua eletrificação, através da adequação do traçado ferroviário entre os pk87.700 e pk88.700.

02. OBJECTIVO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um estudo para a criação de condições para a eletrificação de um troço da linha do Douro, no interior do túnel do Loureiro e da Má Passada, junto do apeadeiro de Porto Rei.

Para este mesmo objetivo encontraram-se diversas soluções, tais como, passagem de via balastrada a via não balastrada, demolição das bocas de alvenaria dos túneis, ou o rebaixamento da via balastrada.

03. ENQUADRAMENTO

O túnel do Loureiro situa-se ao pk88.015 da linha do Douro, junto do apeadeiro de Porto de Rei, freguesia de Barqueiros, concelho de Mesão Frio, conforme se pode observar na figura I, com um desenvolvimento de aproximadamente 403m. O túnel da Má Passada situa-se a cerca de 30m da boca de saída do túnel do Loureiro, tem cerca de 31m de extensão e teve recentemente uma intervenção estrutural.



Figura I – Localização geográfica dos túneis do Loureiro e da Má Passada

A criação de condições para a eletrificação do túnel do Loureiro e da Má Passada, apresentada neste relatório, é obtida através do rebaixamento de via dentro e entre os túneis, e respetivas transições de ligação ao existente nas secções a montante e a jusante do mesmo numa extensão de aproximadamente 1000m. Este rebaixamento vai permitir alcançar o gabarito vertical necessário à colocação de catenária dentro do túnel.

Para que o estudo pudesse ser iniciado foi necessário fazer uma visita ao local de modo a permitir aferir as condições existentes e quais as futuras implicações que poderiam aparecer na fase de projeto, tendo sido feito o pedido de visita à REFER, a qual se disponibilizou para a realizar.

Seguidamente, deu-se início aos trabalhos de campo com o levantamento topográfico da linha existente. O interior do túnel foi levantado por “Laser Scanner”, tendo este sido fornecido pela REFER. Este levantamento serve para determinar o limite dos gabaritos a considerar e o melhoramento do traçado, que por sua vez determinou qual a melhor solução para que o material circulante se desloque com todas as condições de segurança e conforto.

O software utilizado para o cálculo da retificação da via existente foi a aplicação em Microstation do Rail Track, da empresa Bentley. Este é um software de cálculo ferroviário, tendo também outras valências, tais como, cálculo rodoviário, drenagem, terraplenagem, cartografia, topografia, SIG, entre outros.

04. ELEMENTOS DE SUPORTE

04.01. RECONHECIMENTO VISUAL

É determinante que este estudo se inicie com uma visita ao local, permitindo aferir as condições existentes da via e as condições estruturais dos tuneis. Visualizar quais as patologias de que a estrutura e toda a sua envolvente possa padecer. A inspeção visual ao túnel foi realizada em interdição de via, no período noturno.

Na foto1, pode-se observar a entrada do túnel do Loureiro. A via neste local encontra-se renovada no exterior do túnel, apresentando travessas bi-bloco. No interior do túnel o material de armamento é constituído por travessas de madeira, carril UIC54 e fixações Nabla.



Foto 1 – Entrada no Túnel do Loureiro

Na foto2, pode-se observar a transição entre a zona de cobertura de alvenaria e o desmonte do maciço existente.

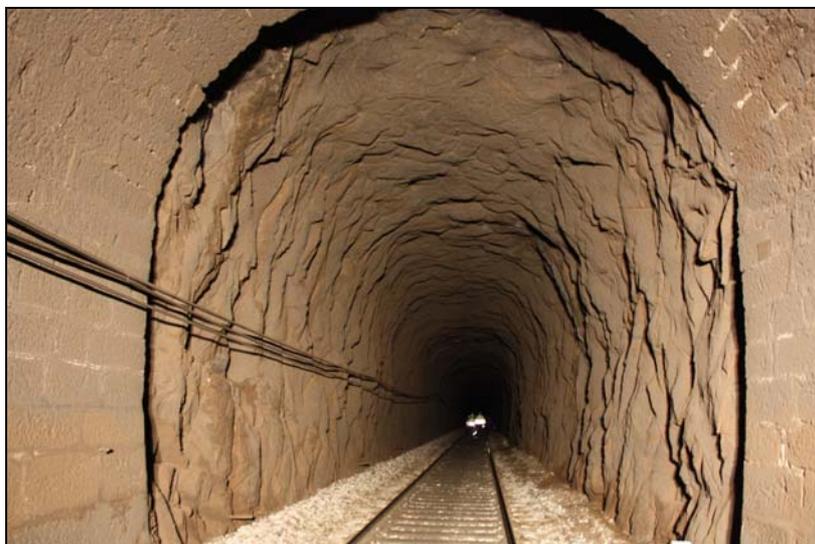


Foto 2 – Interior do túnel

Na foto3, pode-se observar parte da abóboda em alvenaria no interior do túnel.

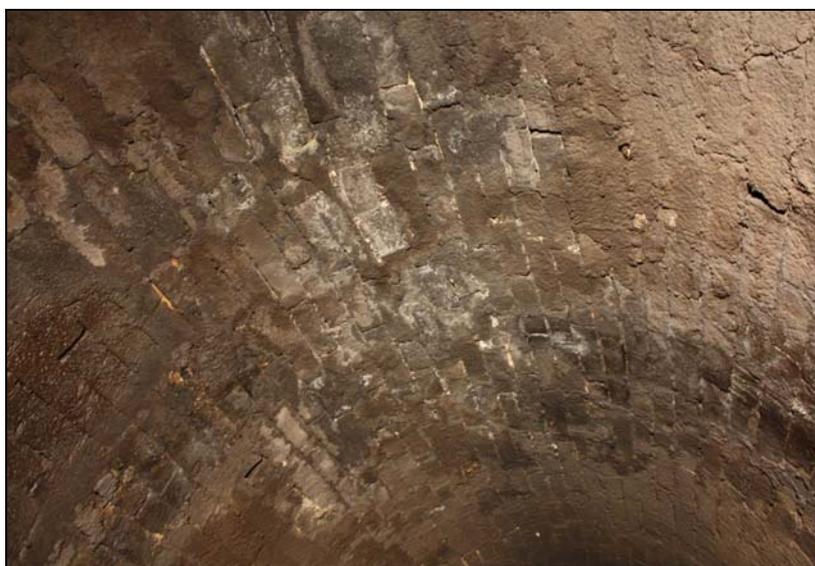


Foto 3 – Abóboda em alvenaria no interior do túnel

Na foto 4, pode-se observar o armamento de via no interior dos tuneis.



Foto 4 – Armamento de via no interior do túnel

Na foto 5 e foto 6, observam-se os órgãos de drenagem de águas pluviais existentes, para onde são encaminhadas as águas através de valas canal até à passagem hidráulica. Esta, por sua vez, encarrega-se de encaminhar as águas pluviais até a uma linha de água existente.



Foto 5 – Órgão de drenagem de via



Foto 6 – Órgão de drenagem de via, que atravessa inferiormente a via encaminhando a água para uma linha de água existente.

04.02. TOPOGRAFIA A CLÁSSICO

04.02.01 COORDENAÇÃO

O processo de levantamento topográfico da via, inicia-se com a coordenação do eixo da via, sendo esta uma linha imaginária que se encontra sempre à mesma distância dos dois carris. Esta linha imaginária de eixo da via, pode ser determinada de diversos modos. No caso concreto do levantamento topográfico do túnel do Loureiro, utilizou-se a “regra do triângulo isósceles”.

Esta regra consiste em colocar num dos carris num ponto A um bastão e fazer as leituras necessárias. De seguida foram determinados dois pontos B e C que se encontram no carril oposto à mesma distância do ponto A. Medindo a distancia entre B e C, calcula-se a sua metade determinando assim o ponto D, que é o ponto perpendicular à via passando pelo ponto A no outro carril. Conforme figura II.

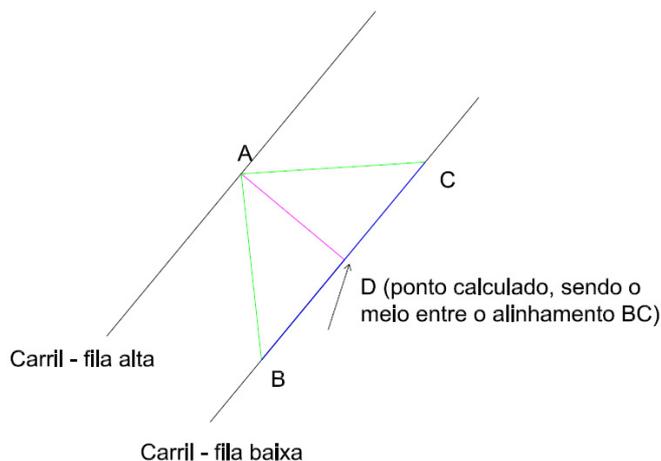


Figura II – Determinação do ponto perpendicular ao ponto A da fila alta, na fila baixa.

Saliente-se que nas curvas atendendo a que o desenvolvimento pelas duas filas conduzia a um desquadramento, procedeu-se à devida compensação. (ver figura III)

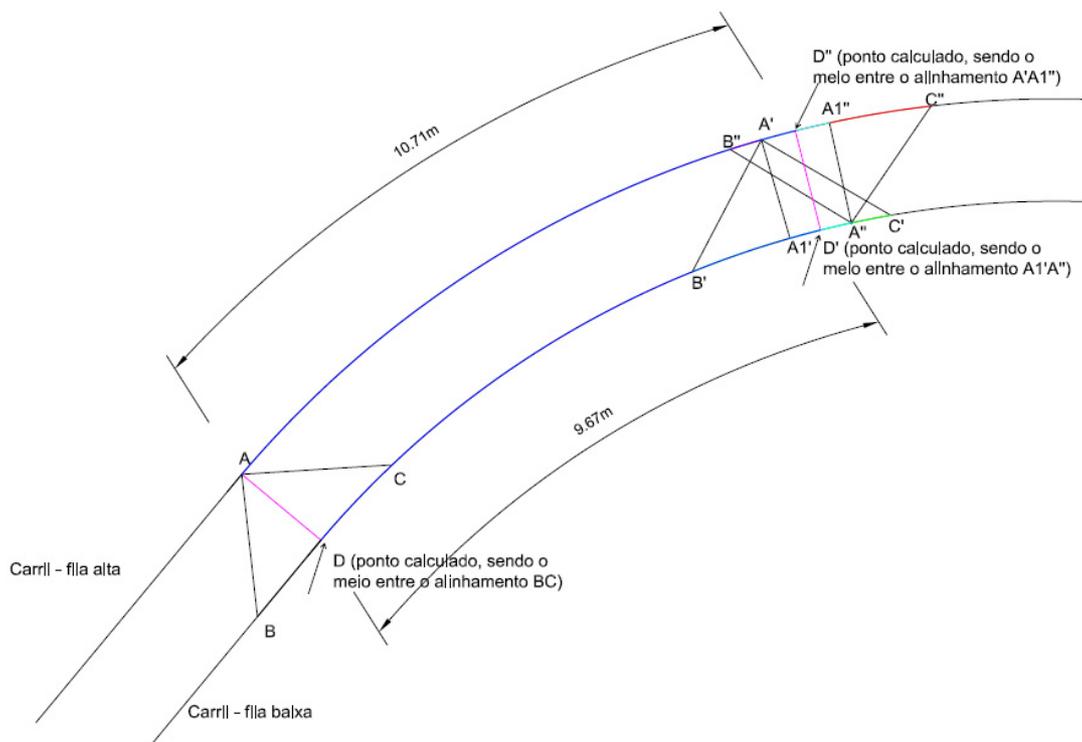


Figura III – Procedimento para devida compensação de desquadramento

O espaçamento entre pontos sobre o carril foi de 20 m, nos alinhamentos retos (no mínimo três pontos coordenados no alinhamento), e com espaçamento de 10m em curva, aos quais se adicionaram, os marcos quilométricos e hectométricos e pontos que se consideraram necessários para a caracterização e definição da geometria da via como a distância aos hasteais dos túneis, entre outros.

04.02.02 NIVELAMENTO

O nivelamento geométrico é determinado colocando a estação num ponto qualquer onde seja possível visar um ponto conhecido com cota geométrica e então determinar através da visada para os pontos que calculámos anteriormente com o método da irradiação, a cota dos pontos pretendidos, obtendo o seu nivelamento geométrico.

Figura IV.

É através deste método que se determinam as cotas para depois se proceder à elaboração do perfil longitudinal existente.

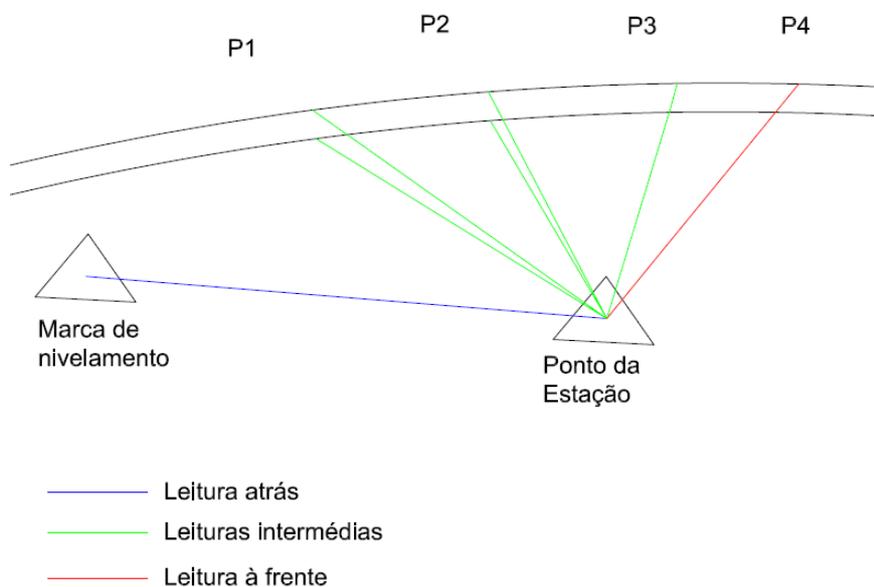


Figura IV – Nivelamento geométrico

Todos os pontos coordenados são objeto de nivelamento geométrico, o qual foi executado pela piquetagem do carril esquerdo da via nas retas e, caso se tratasse de um alinhamento curvo à direita, a piquetagem utilizada foi a da fila direita, se se tratasse de um alinhamento curvo à esquerda a piquetagem utilizada foi a da fila esquerda.

Incluíram-se, ainda, pontos notáveis da via como os marcos quilométricos e hectométricos, órgãos de drenagem entre outros.

O levantamento a efetuar prolongou-se para além do túnel do Loureiro e do Túnel da Má Passada, até aos alinhamentos retos contíguos para a obtenção de informação fiável sobre as atuais condições da via existente. Esta ação permitiu definir rigorosamente a geometria de via para além dos túneis e entre eles, e o estabelecimento do traçado em planta e em perfil longitudinal que satisfaça as condições de definição de alinhamento e de rasante por forma a assegurar a sua continuidade bem como a ligação ao traçado existente fora da zona de intervenção, garantindo os disfarces de via e os rebaixamentos necessários no exterior dos dois túneis.

04.02.03 PERFIS TRANSVERSAIS

Os perfis transversais levantados de campo são determinados através da colocação do aparelho de medição num ponto conhecido A e com o ponto conhecido D é determinada uma direção, sobre essa direção e fora da linha de caminho-de-ferro é colocada a nossa estação. A partir dessa estação são retiradas as distâncias e cotas de todos os pontos de quebra relevantes para o perfil transversal. Figura V e VI.

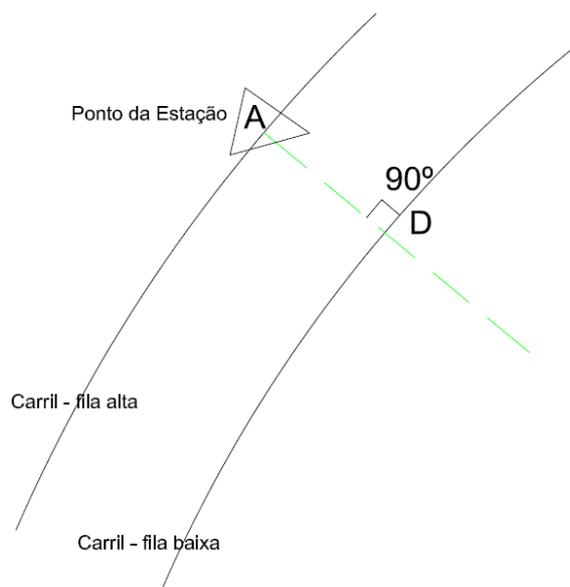


Figura V – Método de determinação de estação a partir de um ponto coordenado.

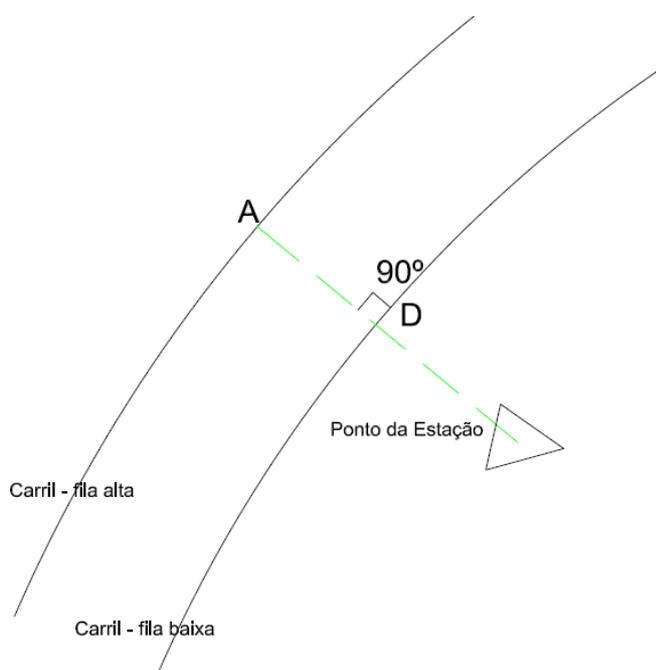


Figura VI – Determinação de pontos sobre o eixo do perfil transversal

Os perfis transversais levantados de campo encontram-se marcados no desenho Plan-
ta e Perfil Longitudinal do anexo I – folha 1 e 2 /2

04.03. VARRIMENTO LASER (LASERSCAN)

O varrimento Laser ou também vulgarmente conhecido por LaserScan, permite um levantamento do local em estudo com maior rigor de detalhe, do que os levantamentos pelos métodos tradicionais. Os pontos onde o aparelho pode ser instalado têm de ser escolhidos de modo a garantir que o levantamento vai conseguir abranger toda a área necessária ao levantamento. Após o varrimento com LaserScan, os pontos são guardados na memória do aparelho e depois transferidos para uma base de dados onde são tratados e posteriormente dão origem a plantas altimétricas e planimétricas, perfis longitudinais e perfis transversais.

Neste caso foram levantados perfis transversais de 5 em 5m, com LaserScan. Estes perfis são apresentados no anexo I, folhas 1 a 3 de 3.

04.04. TOPOGRAFIA ESPECIFICA DO TÚNEL DO LOUREIRO E DA MÁ PASSADA

Na sequência da descrição dos trabalhos topográficos que normalmente são executados tendo em vista a execução de projetos ferroviários passamos a relatar as operações que tiveram lugar neste projeto.

04.04.01 APOIO TOPOGRÁFICO

Procedeu-se inicialmente à localização de vértices que serviram de base à elaboração da cartografia geral da Linha do Douro e cujas fichas de reconhecimento com as respectivas coordenadas em Datum 73 foram facultadas pela Refer.

Nas imediações do Túnel do Loureiro e a montante deste só foi encontrado o vértice designado por 87-04; entre os Túneis do Loureiro e da Má Passada foi encontrado o vértice 88-01 e a jusante deste encontraram-se os vértices 88-04 e 89-01.

Nesta conformidade foram coordenados, por método GPS em tempo real, dois vértices que se designaram por 87-03A e 87-05A sendo a base o vértice 87-04 dando início a uma poligonal de apoio a partir do último (87-05A) e a qual terminou no vértice 88-04 no qual havia orientação para o vértice 89-01.

A poligonal executada englobou o vértice existente 88-01 tendo-se verificado um pequeno desvio nas suas coordenadas. Foram materializados para lá do Túnel da Má Passada os vértices 88-02A, 88-03A e 88-04A e dentro do Túnel do Loureiro foram cravados nas travessas de madeira pregos Hilti que se designaram por A, B, C e D.

O vértice coordenado a GPS designado por 87-03A, que serviu para orientação inicial da poligonal foi materializado no novo cais do Apeadeiro de Porto de Rei.

Executou-se assim como apoio principal uma poligonal constituída por 11 vértices cuja precisão planimétrica foi de 1/28000 e cujo erro altimétrico foi de cerca de 3 mm.

04.04.02 COORDENAÇÃO DA VIA-FÉRREA

Procedeu-se à coordenação das duas filas entre o Km 87,5 e Km 88,8 com um espaçamento regular de 10m relativo ao eixo da via, pelo que previamente à coordenação se procedeu à marcação no carril da localização desses perfis, utilizando a técnica descrita anteriormente por medição direta no carril e recorrendo à definição de triângulos isósceles e procedendo à compensação de distâncias nos troços em curva, para que as distâncias se reportassem ao eixo da via.

Foram igualmente assinalados e coordenados pontos notáveis do traçado como o posicionamento do quilómetro e hectómetros, início e fim do Cais de Porto de Rei, eixos de aquedutos, início e fim do revestimento do Túnel do Loureiro e eixo da guarita existente do lado direito da via.

Atendendo a que em ambos os Túneis existem marcações decamétricas fez-se coincidir os pontos agora coordenados com essas marcações.

A coordenação foi executada a partir dos vértices da poligonação anteriormente descrita com uma estação total e visando na maioria dos casos os pontos a 5cm da mesa de rolamento para minimizar os erros de posicionamento.

04.04.03 NIVELAMENTO E PERFIL LONGITUDINAL

Procedeu-se ao nivelamento da fila baixa de todo o traçado entre os pontos quilométricos anteriormente indicados, ou seja entre o 87.500 e o 88.800 sendo a cota de partida a do vértice 87-04 existente no antigo cais de Porto de Rei.

Foram igualmente nivelados os pontos de apoio da poligonal agora executada, sendo feito nivelamento e contra nivelamento.

O perfil longitudinal produzido corresponde aos mesmos pontos coordenados sendo o desenvolvimento medido pela fila baixa.

04.04.04 POLIGONAL

As coordenadas dos vértices obtidas por poligonação são apresentadas a seguir no quadro I:

Quadro I – Coordenadas dos vértices

Vértice	M	P	Cv
87-04	18730.6300	161427.5790	62.720
87-05A	18960.3180	161255.3600	62.284
A	19060.6280	161233.4710	63.142
B	19178.3380	161232.9130	63.583
C	19266.7800	161233.0380	64.174
D	19355.2150	161233.9260	64.913
88-01	19436.5160	161247.5190	64.859
88-02A	19478.7610	161272.7180	65.281
88-03A	19537.2510	161310.3920	65.911
88-04A	19592.5200	161384.7900	66.352
88-04	19704.8400	161642.4100	67.340

04.04.05 PERFIS TRANSVERSAIS

No interior do túnel não foram executados perfis transversais nesta fase visto já existirem obtidos por varrimento lazer. A montante e jusante dos dois túneis foram executados perfis essencialmente junto da plataforma com pequenas extensões à esquerda e direita da via tentando definir as inclinações de terreno nas imediações da via-férrea e porque a topografia local dificultar o acesso às zonas envolventes e não haver necessidade de prolongar as extensões laterais.

Os perfis foram executados em perfis anteriormente coordenados e obviamente assinalados nos dois carris o que permitiu definir os alinhamentos normais à via-férrea com perfeita facilidade.

Foram executados perfis em pontos adicionais não materializados nas operações anteriores de coordenação e nivelamento nos inícios e fins de muros.

05. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE

Os túneis do Loureiro e da Má Passada foram construídos há mais de cem anos, mais precisamente no ano de 1877, localizam-se na Linha do Douro entre o apeadeiro de Porto Rei e a estação de Barqueiros, com início do primeiro cerca do pk88.015 e fim no pk88.418, a que corresponde um comprimento de cerca de 403 m, enquanto o segundo tem cerca de 31 m e situa-se entre os pk88.457 e pk88.488.

Por ser uma linha antiga e não se encontrar eletrificada na sua totalidade, toda a estrutura envolvente necessita de reabilitação, criando condições para eletrificação da linha em causa.

05.01. ESTRUTURAL

Estruturalmente a secção interior do túnel do Loureiro, apresenta zonas revestidas com alvenaria de pedra de granito aparelhada, foi executada com um vão de cerca de 5m, e é constituída por uma abóbada circular com 2.5m de raio, enquanto os hasteais apresentam uma geometria curva com raio de cerca de 12m, Figura VII. As extensões desta secção são de 53m junto à entrada do túnel e 122,5m junto à saída do túnel. Nas zonas onde o maciço está exposto, a secção apresenta uma geometria muito irregular, como consequência do desmonte do maciço granítico bastante rijo e diacladado. Embora o túnel da Má Passada tenha sido alvo de uma intervenção recente pois apresenta um revestimento recente de betão projetado, na alvenaria foi utilizada argamassa de cal hidráulica e blocos de granito de forma regular mas de dimensões variáveis.

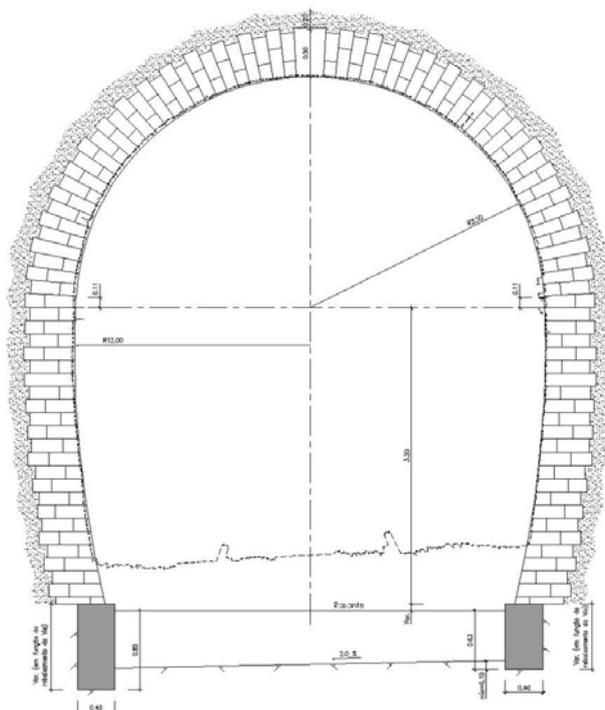


Figura VII - Secção do revestimento de alvenaria existente com recalçamento

05.02. DRENAGEM

A drenagem existente nos túneis e entre túneis é praticamente inexistente. No interior dos túneis a drenagem de água que resulta da escorrência provocada por infiltrações na estrutura de alvenaria é absorvida pelo terreno existente, não existindo qualquer tipo de recolha de águas.

No exterior dos túneis existem valas de terra paralelas à via-férrea com a finalidade de encaminhar as águas pluviais para as passagens hidráulicas existentes assegurando assim a drenagem transversal da via. Estas passagens, recolhem as águas que chegam das valas encaminhando-as para as linhas de água existentes.

05.03. Via

05.03.01 TRAÇADO

O traçado existente desenvolve-se em curva desde o início do estudo próximo do pk87.810 até cerca do pk88.127, segue-se um alinhamento reto com cerca de 198,600m até ao pk88.325,600 e termina em curva no pk88.418, o segundo túnel localiza-se sobre esta última curva. A pendente é suave e ascendente no sentido do fim dos túneis.

05.03.02 ARMAMENTO DE VIA

A via-férrea existente é uma via única de bitola ibérica, ou seja 1668 mm, carril UIC54 assente em travessas de madeira sobre balastro, com espessura mínima de 0.25m sob a travessa, e fixações Nabla.

06. CONDICIONANTES

06.01. FÍSICAS

As condicionantes físicas existentes que se podem apontar neste trabalho estão relacionadas com o facto de não existir espaço no interior do túnel suficiente para a colocação de catenária, sem ser necessário intervir na via ou na estrutura do túnel.

Com a colocação de passadiço lateral para a passagem de emergência, embora não seja obrigatório por não ter o comprimento mínimo exigido pela Norma Europeia de Segurança em Túneis – 2008/163/CE, não foi possível colocar um passadiço de largura constante nem com a largura mínima recomendada de 0.75m. Numa extensão de 34m, o passadiço tem uma largura inferior a 0.40m, junto do fim do túnel do Loureiro.

Nas zonas localizadas das bocas de alvenaria não existe necessidade de intervenção, ou seja alargamento, mas a sua localização é limitativa em relação à inserção do material circulante nas bocas do túnel, não sendo possível alterar o traçado geométrico da via existente.

06.02. CONSTRUTIVAS

As dificuldades construtivas consistem na não existência de condições para colocação de estaleiro de materiais e máquinas no apeadeiro de Porto Rei. O estaleiro terá de ser implantado na estação de Ermida a cerca de 2000m a norte de Porto Rei, onde existem condições para estacionamento de máquinas pesadas e colocação de material necessário à obra a realizar nos túneis do Loureiro e da Má Passada.

Durante a realização da obra será necessário diariamente dirigirem-se para os túneis a intervir com a via interdita à circulação ferroviária, e depois antes do levanta-

mento de interdição de via terão de voltar até à estação de Ermida onde se encontra o estaleiro e deixar a linha no interior dos túneis em condições de passagem ainda que com limite de velocidade de 30km/h.

06.03. EXPLORAÇÃO

As dificuldades e condicionantes de exploração na linha existente são reais devido ao facto de a linha neste troço ser em via única. Por isso, não é possível interromper a circulação de comboios na linha deixando as populações sem transporte ferroviário. Assim, a linha terá de continuar em exploração ainda que a velocidade limitada a 30km/h. O trabalho terá de ser efetuado em período noturno em interdição de via.

07. CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO

07.01. CONVERSÃO DE VIA BALASTRADA EM VIA NÃO BALASTRADA

Um dos primeiros cenários que se colocou como hipótese para se ganhar gabarito vertical para a criação de condições para eletrificação da linha dentro dos tuneis, foi precisamente, converter a via balastrada em via não balastrada. Ao concretizar esta conversão iria estar a criar dois pontos rígidos na entrada e saída dos tuneis deixando a via sujeita a vibrações acrescidas que levam à degradação de balastro na zona da transição de via balastrada para via não balastrada. Com esta solução, dispensa-se a intervenção obrigatória na parte estrutural do túnel, sendo apenas necessário intervir na via-férrea.

07.02. INTERVENÇÃO NAS BOCAS DO TÚNEL E NAS ZONAS DE ALVENARIA

A segunda solução estudada visa dotar a entrada e saída do túnel de um gabarito vertical suficiente para a sua eletrificação, pois estas são as zonas mais limitativas para a colocação de catenária no seu interior. Neste caso, apenas seria necessário intervir nas bocas do túnel, uma vez que o seu interior possui gabarito vertical suficiente, não sendo necessário fazer qualquer tipo de intervenção na via.

Para este tipo de intervenção é necessário perceber que riscos estruturais podem ocorrer, uma vez que será necessário demolir e reconstruir o emboquilhamento do túnel, com a linha em exploração. Esta é uma obra com trabalhos complexos, pois existem terras bastante consolidadas no exterior do túnel, podendo o seu desmonte conduzir a uma instabilização de taludes. O desmonte de terras terá de ser feito com a

via em funcionamento, existindo o risco acrescido de instabilização da estrutura do túnel. Por último, terão de ser repostas todas as condições iniciais na envolvente dos túneis.

07.03. REBAIXAMENTO DA VIA BALASTRADA

A última solução apresentada preconiza o rebaixamento da via, de modo a ser possível garantir o gabarito vertical necessário à eletrificação no interior do túnel. Esta é uma solução que pouco interfere com a parte estrutural dos túneis, uma vez que estes se encontram num estado razoável de conservação estrutural. Em consequência do rebaixamento de via é necessário executar um reforço das fundações dos hasteais. Este trabalho de rebaixamento será executado no período noturno de exploração da via, permitindo que esta seja interditada por um período de tempo a determinar e que terminado esse período de interdição a via esteja apta a funcionar com redução de velocidade

07.04. ANÁLISE COMPARATIVA

Das três hipóteses apresentadas como possíveis soluções para atingir o objetivo principal de criação de condições para a eletrificação da via no interior dos túneis, pode-se fazer uma comparação de complexidade de execução de trabalhos e segurança na via em exploração.

Todas as hipóteses com exceção da conversão de via balastrada em não balastrada dentro dos túneis, são passíveis de fazer intervenção na via com esta em exploração.

A primeira hipótese resume-se a converter a via balastrada no interior dos túneis em via não balastrada. É claro que os trabalhos inerentes a esta conversão traz vantagens

e desvantagens para a via em diversos níveis. No quadro II, apresentado pode-se verificar de modo não exaustivo algumas vantagens e desvantagens em relação à via balastrada e não balastrada.

Quadro II – Vantagens e Desvantagens de via balastrada e via não balastrada

	Via balastrada		Via não balastrada	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Custo de construção	Inferior			Superior
Período de vida útil		(+/-) 30 anos	(+/-) 60 anos	
Secção de superestrutura		Maior espessura de secção transversal, bem como maior ocupação em planta	Menor secção em túneis, bem como menor carga permanente em pontes	
Custos de conservação, renovação e reabilitação	Trabalhos de renovação e reabilitação simples	Mais frequentes, necessidade de renovação intercalar em alguns materiais com período de vida mais curto.	Menor trabalho de conservação	Trabalhos de renovação e reabilitação mais complexos
Traçado	Possibilidade de correções da via com operações de ataque		Permite menores raios, possibilitando uma melhor adaptação ao terreno natural	
Rigidez da via	Contributo positivo nas propriedades mecânicas do balastro	Reduzida uniformidade de rigidez vertical da via	Elevado controlo de rigidez da via	Necessidade de disposições específicas em zonas de transição
Estabilidade da via	Estabilidade transversal limitada devido Às propriedades mecânicas do balastro		Elevada resistência e durabilidade, contribuindo para a qualidade de conservação geométrica da via	
Ruído	Boa absorção acústica			Necessidade de aplicação de dispositivos de absorção de ruído

Da análise do quadro II, apresentado anteriormente, observa-se que qualquer uma das duas opções são boas opções, embora seja necessário fazer um enquadramento de via na envolvente existente. Uma vez que a restante linha se encontra renovada em

via balastrada, optou-se por rejeitar a solução apresentada de conversão de via balastrada em via não balastrada dentro do túnel.

Os trabalhos necessários à execução de via não balastrada em detrimento da via balastrada são trabalhos de execução mais complexa, com um custo de construção associado mais elevado. Os trabalhos de execução de via não balastrada não são possíveis de executar com a via em exploração, o que nos priva de um dos requisitos obrigatórios para a renovação da linha, imposta pelo cliente.

Na segunda hipótese apresentada, existem demasiados riscos a ponderar, devido aos trabalhos complexos e difíceis de executar devido à localização do túnel, à orografia do terreno, e à necessidade de manter a linha em funcionamento. Passo a enumerar alguns dos trabalhos a executar:

- Demolição dos emboquilhamentos do túnel;
- Movimentação de terras consolidadas no exterior da abóbada do túnel;
- Colocação de material de segurança, de modo a que a via não seja interrompida ou ocupada por algum tipo de maciço ou pessoa em queda livre;
- Possibilidade de instabilização da restante estrutura do túnel;
- Reconstrução das bocas do túnel com gabarito vertical necessário ao cumprimento do objetivo do projeto, dotar o túnel de condições para a sua eletrificação;
- Reposição das condições iniciais no exterior do túnel;
- Elevado custo de execução de obra.

Na última hipótese, o rebaixamento de via é a solução mais ponderada a nível de complexidade de trabalhos e de menores riscos associados. Os trabalhos inerentes a esta hipótese são de menor complexidade, pois passam por levantar a via existente, retirar o terreno existente até ao limite necessário para a colocação de catenária, e

colocar sub-balastro, balastro, travessas e carril novamente. Entretanto, enquanto estes trabalhos vão sendo executados a linha à medida que vai sendo rebaixada vai ficando suspensa para garantir que o material circulante, circula na linha, uma vez que esta tem de se manter em exploração.

08. SOLUÇÃO APRESENTADA

Tendo como base, para o desenvolvimento do traçado, alguns condicionamentos, tais como a introdução de um passadiço de evacuação lateral com 0.40m de largura útil e 2.00m de altura, a implementação do contorno de referência cinemática CPb+ e a manutenção da integridade das secções de entrada e saída do Túnel do Loureiro em alvenaria, bem como garantir uma velocidade de 80km/h, optou-se inicialmente por reproduzir a geometria do traçado existente verificando as características dinâmicas, de forma a averiguar a velocidade potencial de traçado.

Com base nestas características geométricas, e nos resultados da análise dinâmica do existente, otimizou-se o traçado ferroviário, adequando-o à velocidade pretendida, respeitando os limites de referência da Norma Portuguesa ENV 13803-01 - Aplicações Ferroviárias - Parâmetros de projeto de traçado de via - Bitolas de via 1435mm e de valor superior - Parte 1: Plena via.

Definiram-se os perfis transversais tipo a aplicar: em curva (situação de máxima escala considerada = 170mm) e em reta, para garantia do contorno de referência cinemático indicado pela REFER (CRC-CPb+).

Aplicando os perfis transversais tipo aos perfis existentes levantados por “laser scanner” nas zonas dos túneis, foi assim possível determinar as zonas críticas do traçado. As secções de alvenaria à entrada e à saída do túnel afirmaram-se como as mais condicionantes. O trabalho foi desenvolvido na perspetiva de se estimarem as ripagens e aprofundamento da rasante nestes pontos, considerando que será colocado um passadiço de evacuação lateral, do lado esquerdo do perfil transversal e que as secções

em alvenaria, à entrada e à saída do Túnel do Loureiro, teriam que ser mantidas integralmente.

A solução de rebaixamento da via para a criação de condições de eletrificação da via no interior dos túneis, foi otimizada, procurando compatibilizar a colocação de passadiço de evacuação do lado esquerdo do PTT, garantindo um traçado dinamicamente correto para a velocidade de 80km/h, com o cumprimento de todos os parâmetros de segurança e conforto exigidos para esta velocidade.

Devido ao espaço disponível ser mínimo, a solução escolhida para o perfil transversal tipo com passadiço no interior do túnel, possui uma altura livre considerada acima do passadiço de evacuação lateral de 2.00m, e uma largura do passadiço de 0.40m, valores abaixo do recomendado pela Norma Europeia de Segurança em Túneis – 2008/163/CE.

Este passadiço facultará o acesso a um caminho de emergência que também foi desenvolvido no âmbito deste trabalho, para que possam existir meios rápidos de emergência e socorro em caso de necessidade.

08.01. TRAÇADO EM PLANTA

O estudo de adaptação do traçado ferroviário, aproximadamente entre os pk87.810 e pk88.801, da Linha do Douro, foi desenvolvido de forma a garantir um traçado dinamicamente correto e apresentando as seguintes características de traçado, tal como se mostra no quadro III e no desenho de traçado em planta, em anexo. (Ver anexo I)

Quadro III – Características de traçado em planta

pk	Alinhamento	Extensão (m)	Raio (m)
87810.537	Reto	43.559	-
87854.096	Clotóide	75.000	-
87929.096	Curva 1	123.887	-285.000
88052.983	Clotóide	74.538	-
88127.521	Reto	70.307	-
88197.829	Curva 2	25.000	-10000.000
88222.829	Curva 3	40.000	10000.000
88262.829	Reto	64.005	-
88326.834	Clotóide	63.000	-
88389.834	Curva 4	250.959	-273.700
88640.793	Clotóide	70.000	-
88710.793	Reto	90.280	-

Da análise do quadro III e da observação conjunta do traçado em planta, pode-se concluir que as curvas 1 e 4 são as mais condicionantes precisamente pela entrada e saída do túnel, respetivamente, e pela imposição de garantir a inserção do perfil transversal tipo na alvenaria existente.

Devido a estas dificuldades optou-se por na curva 1, privilegiar o lado direito do PTT de modo a garantir uma distância livre de 0.17m entre o atual hasteal do túnel e o CRC-CPB+ no perfil P56 e, nos restantes, apenas a distância de 0.07m já que não está prevista a drenagem dos hasteais do túnel. A solução proposta contempla uma curva de R= 285m e clotóides de 75m de comprimento à entrada e de 74,54m à saída, com uma escala prática de 160mm e uma insuficiência de escala de 148mm, que apenas respeita o valor limite máximo para este último parâmetro. A ripagem desta curva é feita para o lado direito da via existente e o traçado proposto permite garantir a manutenção da alvenaria. No intradorso da curva, será colocado um passadiço de evacuação de 0.40m.

Na curva 4 a solução proposta contempla uma curva de $R=273.700\text{m}$ e clotóides de 63m e 70m respetivamente na entrada e saída da curva, com uma escala prática de 170mm e uma insuficiência de escala fixada para o valor máximo admitido para comboios de mercadorias, de 150mm. Nesta curva os valores da variação da escala em função do comprimento e em função do tempo estão dentro do limite máximo para a clotóide de saída, sendo a situação mais crítica a verificada na clotóide de entrada da curva, onde os valores para estes dois parâmetros igualam o valor do limite máximo.

As diferentes tentativas de otimização de traçado neste troço conduziram sistematicamente a um encurtamento da curva de transição da entrada ou a uma diminuição do raio da curva, soluções incompatíveis com o cálculo dinâmico para a velocidade de 80 km/h e com a inserção no túnel da Má Passada.

No troço final do túnel do Loureiro e concretamente entre os perfis P79 e P92, onde o revestimento é em alvenaria, o passadiço de evacuação lateral mantém-se sempre do lado esquerdo. Garante uma largura mínima livre de 0.40m (e 2,00m de altura), desde o P79 até ao P86, e desde o P90 ao P92. Nos três perfis intermédios - P87, P88 e P89 – a largura do passadiço é variável e inferior a 0.40m.

08.02. ANÁLISE DINÂMICA DE TRAÇADO

A norma NP ENV 13803-1. 2007, Aplicações Ferroviárias, Parâmetros de projecto de traçado de via – Bitolas de via de 1435mm e de valor superior. Parte 1: Plena via, define normativos técnicos para veículos, construção e conservação de via admitam determinados requisitos, os quais passamos a apresentar.

“Os elementos de traçado dependem de alguns requisitos de, exploração, parâmetros de projecto de traçado e de condicionamentos locais.

Parâmetros de projecto de traçado de via

- raio de curva horizontal R (m) (*S)*
- escala D (mm) (*S)*
- insuficiência de escala I (mm) (*S)*
- aceleração lateral (quasi-estática) não compensada ao nível da via a_q (m/s²) (*S)*
- excesso de escala E (mm)*
- variação da escala em função do tempo dD/dt (mm/s)*
- variação da escala em função do comprimento dD/dl (mm/m) (*S)*
- variação da insuficiência de escala em função do tempo dI/dt (mm/s)*
- comprimento dos elementos do traçado (curvas circulares e alinhamentos rectos) L_i (m)*
- comprimento das curvas de transição no plano horizontal L (m)*
- raio de curva vertical R_v (m)*
- aceleração vertical a_v (m/s²)*
- velocidade V (km/h) (*S)*

*Os parâmetros seguidos da nota (*S) são parâmetros relacionados com a segurança.*

Na verificação do traçado e no cálculo dinâmico da via existem vários factores que são necessários ter em atenção, pois esses mesmos parâmetros podem ditar a segurança, o conforto e, o mais importante, a viabilidade económica da via durante o seu período de vida útil.

A segurança na óptica da via é, provavelmente, o principal requisito de qualquer sistema de transportes, abrangendo os riscos de qualquer exposição a efeitos nocivos

para os passageiros, trabalhadores ou residentes nas proximidades e pode assim ser agrupado como um requisito de saúde, o que representa um diferente tipo de risco não necessariamente ligado de forma directa ao tráfego ferroviário.

A segurança é geralmente tratada no seio dos sistemas ferroviários por regulamentações nacionais, quer directamente, quer por delegação explícita da Autoridade Estatal de Controlo ao Gestor da Infra-estrutura.

As regras que abrangem a segurança descrevem o sistema e os subsistemas associados, com os seus interfaces: sistema de sinalização, via férrea, material circulante, regras de exploração, e também descrevem requisitos funcionais tais como o programa e o plano de segurança do sistema, ensaios de qualificação para o sistema e o pessoal. Os requisitos mínimos para a manutenção (inspecção, conservação de registos) são parte das regras de segurança.

O projecto de via, nomeadamente a concepção do traçado, abrange essencialmente interfaces mecânicos do sistema, sobretudo com o material circulante, mesmo se, eventualmente, também forem tratados os interfaces com a exploração e a sinalização, pelo menos para assegurar a exploração da linha em segurança.

As regras de segurança mecânicas impõem que a integridade mecânica do sistema seja mantida de acordo com o estado conhecido ou previsível do sistema, uma condição que pode ser difícil de exprimir devido ao grande número de factores envolvidos e que pode justificar uma análise probabilística para os estados do sistema fora do estado operacional normal. A integridade mecânica também sugere que os modos de falha

mecânica devam ser definidos, alguns deles relacionados com a ruptura frágil ou o limite de resistência de um componente, enquanto outros dependem de um processo de utilização e de fadiga que pode, e deve, ser controlado pelos processos de manutenção.

Esta definição inicial evidencia que a fronteira entre as regras estritamente ligadas à segurança e as regras económicas pode ser deslocada porque os procedimentos de manutenção, ou pelo menos aqueles que são considerados como sendo necessários para a segurança, já definem um certo número de condições económicas aplicáveis ao sistema.

As regras de segurança da via têm em conta na maior parte dos casos os seguintes riscos, todos relacionados com as forças geradas pela circulação de um veículo na via:

- deformação lateral da via;*
- coeficiente de descarrilamento ou quociente da carga transversal sobre a carga vertical, de uma roda;*
- derrube do veículo (quociente de carga vertical de uma roda).*

No entanto, não são apenas estes os riscos existentes para a segurança de via. Existem outros que não estão directamente ligados à concepção dos traçados de via, mas sim com a exploração em condições normais, são eles:

- Carga máxima por eixo, um parâmetro do material circulante relacionado com o requisito de resistência da via;*
- Capacidade de carga da via, pelo menos a resistência mínima requerida para evitar a ruptura frágil ou a deterioração precoce: esforços nos carris, condições mínimas das*

travessas e das fixações para manter a bitola nos limites prescritos, drenagem para evitar a rápida deterioração das propriedades de suporte da plataforma da via;

– Irregularidade aceitável da via (geometria da via) como factor que influencia as forças dos eixos. As normas de geometria da via são a forma normal de exprimir os limites das amplitudes dos defeitos, dependendo da sua natureza (nivelamento longitudinal, escala, alinhamento, empeno e bitola).

O cumprimento das regras de segurança deixará em geral alguma margem para outras considerações, entre as quais o conforto é uma questão importante. O conforto pode ser classificado como um requisito económico, porque a sua satisfação pode atrair passageiros e assim aumentar os proveitos; contudo, trata-se de um requisito específico, sendo o único requisito de interface directo com o subsistema veículo, para além da segurança.

O conforto dos passageiros em meio vibratório é função das acelerações em translação e rotação, as quais dependem em parte da concepção do traçado; das curvas circulares horizontais e verticais e das variações de escala e de insuficiência de escala induzidas por curvas de transição, expressas sob a forma de aceleração angular.

Neste sentido, todos os parâmetros expostos anteriormente, mesmo os já descritos como limites de segurança, são questões de conforto, porque podem interferir entre si.

Contudo, a qualidade geométrica da via é pelo menos tão importante como o respectivo traçado em termos de conforto, e o limite de conforto é muitas vezes considerado como um limite de manutenção, mesmo que possa ser diferente do limite de custo óptimo referido para a geometria da via, que é o limite de manutenção.

Os parâmetros de projecto de traçado de via podem exercer influência sobre os seguintes dois aspectos:

- Fixam a velocidade de linha para um percurso e contribuem, deste modo, para a futura rendibilidade do projecto, ao mesmo tempo que influenciam os custos de construção;*
- Como também exercem uma forte influência sobre as forças de interacção via-veículo, os custos de manutenção da infra-estrutura dependem da escolha feita inicialmente para os parâmetros de concepção do traçado da via de um dado projecto.*

Este segundo aspecto é um dos mais importantes na escolha dos parâmetros de projecto do traçado. Para além dos estritos requisitos de segurança que são necessários em termos de resistência da via para evitar incidentes técnicos, há um grande leque de escolha de soluções técnicas para as quais os parâmetros de traçado não estão normalmente directamente envolvidos, como para questões de conforto, mas onde eles influenciam a degradação da via pelo menos através do desgaste dos seus componentes e da deterioração da sua geometria.

A concepção da via é um factor técnico fundamental para a economia de um projecto ferroviário. Os esforços na estrutura da via devem ser limitados sob a acção de forças verticais, laterais e longitudinais, de tal forma que, no mínimo, os requisitos de segurança sejam satisfeitos. Mas é necessário, ao mesmo tempo, procurar manter os custos de manutenção dentro de limites razoáveis, oferecer boa fiabilidade e mínimos custos de instalação. Isto apela à optimização dos tipos de estrutura de via, o que é um processo difícil, pois os tipos de via são definidos para um ciclo de vida longo, em comparação com outros sistemas de transportes, de tal forma que as decisões a

tomar, segundo o dilema clássico de investimentos comparados com custos de operação, são objecto de grande incerteza.” (NP ENV 13803-1. 2007)

Na especificidade deste projecto, a via em estudo é uma linha de bitola ibérica 1668mm, pelo que se adoptaram os valores do anexo G - Valores dos parâmetros de projecto de traçado da via para bitolas superiores a 1435mm, da norma NP ENV 13803-1. 2007 - Aplicações ferroviárias, Parâmetros de projecto de traçado de via – Bitolas de via de 1435mm e de valor superior, Parte 1: Plena via, para linhas de tráfego I, com velocidades entre os 80 e os 120km/h, conforme se pode observar no quadro IV, abaixo apresentado.

Quadro IV – Parâmetros de projecto de traçado de via, segundo a NP ENV 13803-1. 2007.

Velocidade máxima para comboios convencionais [Vc] 80 km/h	
Escala prática [Dp]	Limite recomendado 185 mm
	Limite máximo 205 mm
Insuficiência de Escala para comboios convencionais [I]	Passageiros
	Limite recomendado 150 mm
	Limite máximo 185 mm
	Mercadorias
	Limite recomendado 125 mm
	Limite máximo 150 mm
Disfarce de Escala [dD/dℓ]	Limite recomendado 2.4 mm/m
	Limite máximo 2.7 mm/m
Variação da Insuficiência da Escala no tempo [dl/dt]	Limite recomendado 60 mm/s
	Limite máximo 100 mm/s
Variação da Escala no tempo [dD/dt]	Limite recomendado 50 mm/s
	Limite máximo 60 mm/s
Aceleração lateral não compensada ao nível da via [aqv]	Valor máximo 0.85 m/s ²
	Valor excepcional 1.00 m/s ²
"Jerk"	Valor máximo 0.50 m/s ³
	Valor excepcional 0.80 m/s ³

Da aplicação dos parâmetros constantes na NP ENV 13803-1. 2007 - Aplicações ferroviárias Parâmetros de projecto de traçado de via – Bitolas de via de 1435 mm e de valor superior, Parte 1: Plena via, para linhas de tráfego I, com velocidades entre os 80 e os 120 km/h, para a velocidade de 80 km/h, pode-se construir a seguinte tabela dinâmica que se encontra no quadro V.

Quadro V – Cálculo dinâmico da via

Curva	Elemento	LINHA CONVENCIONAL														
		Raio	Dp	L	km's	Vc	C	Dt	I		dD/dℓ	dD/dt	dl/dt	anc	Jerk	ΔF
		(m)	(mm)	(m)	de Proj.	(km/h)	(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/s)	(mm/s)	aceleração lateral não compensada	(m/s ³)	/1000
									mercad.	pass.				(m/s ²)		(-)
Valor Limite Recomendado			185						125	150	2.4	50	60	0.85	0.5	
Valor Limite Máximo			205						150	185	2.7	60	100	1	0.8	
	Reta	-	-	43.559	87810.537	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Curva 1	clotóide entrada	-	-	75.000	87854.096	80	-	-	-	-	2.1	47	44	-	0.35	23.4
	circular	-285.000	160	123.887	87929.096	80	7.1	308	148	148	-	-	-	0.83	-	-
	clotóide saída	-	-	74.538	88052.983	80	-	-	-	-	2.1	48	44	-	0.35	23.54
	Reta	-	-	70.307	88127.521	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Curva 2	circular	-10000.000	0	25.000	88197.829	80	0	9	9	9	-	-	-	0.05	-	-
Curva 3	circular	10000.000	0	40.000	88222.829	80	0	9	9	9	-	-	-	0.05	-	-
	Reta	-	-	64.005	88262.829	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Curva 4	clotóide entrada	-	-	63.000	88326.834	80	-	-	-	-	2.7	60	53	-	0.42	29
	circular	-273.700	170	250.959	88389.834	80	7.3	320	150	150	-	-	-	0.85	-	-
	clotóide saída	-	-	70.000	88640.793	80	-	-	-	-	2.4	54	48	-	0.38	26.1
	Reta	-	-	90.280	88710.793	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ao longo da otimização do cálculo dinâmico em conjunto com o traçado em planta, é de salientar que alguns dos parâmetros dinâmicos ultrapassam os valores limite recomendados, tais como a insuficiência de escala para a curva nº1 (148mm), para comboios de mercadorias encontra-se dentro dos parâmetros normais, mas no comboio de passageiros está ligeiramente abaixo no valor recomendado.

A curva nº 4 (150mm), situa-se no limite máximo para comboios de mercadorias e valor mínimo recomendado para comboios de passageiros.

O disfarce de escala para a clotóide de entrada na curva nº 4 (2.7mm/m) possui o valor máximo permitido, e a variação de escala no tempo para as clotóides de entrada e saída da curva nº4 (60 e 54mm/s, respetivamente), dentro dos parâmetros normais.

Para a resolução destas situações impunha-se no primeiro caso, aumentar a escala para o valor limite recomendado (resultaria uma insuficiência de 123mm) o que conduziria ao aumento dos valores de $dD/d\ell$ e dD/dt acima do limite recomendado.

Para o segundo caso, a melhoria da insuficiência de escala da curva nº4 aumentaria os valores de $dD/d\ell$ e dD/dt acima do limite máximo.

Na impossibilidade de otimizar mais o traçado geométrico (aumentando o comprimento das clotóides das referidas curvas, e assim permitir que o disfarce de escala e variação da escala no tempo, assumissem valores abaixo dos recomendados), e dadas as condicionantes acima referidas, considerou-se que a solução de traçado apresentada, é a que melhor otimiza o cálculo dinâmico e a geometria.

08.03. TRAÇADO EM PERFIL LONGITUDINAL

O estudo do perfil longitudinal teve como referência o nivelamento geométrico efetuado em 2010 por uma empresa especializada.

Como princípio, foram utilizados os seguintes critérios no desenvolvimento do estudo do perfil longitudinal:

- Sempre que a diferença de inclinação entre trainéis for inferior a 2mm/m, não se consideraram concordâncias verticais;
- Sempre que a diferença de inclinação entre trainéis for superior a 2mm/m, consideraram-se curvas de concordância vertical de raio mínimo 7.000m garantindo-se, sempre, um desenvolvimento superior a 40m;
- Evitar, sempre que possível, a colocação de um vértice do perfil longitudinal a menos de 30m de um ponto de tangencia de uma concordância em planta;
- Não sobrepor concordâncias verticais com curvas de transição em planta;
- Não sobrepor quebras de trainel com curvas de transição em planta.

A adaptação do atual traçado ferroviário teve como principal objetivo garantir a eletrificação da via, partindo do pressuposto que se mantém a geometria dos túneis, nomeadamente as zonas em alvenaria do Túnel do Loureiro. Nesse sentido tornou-se necessário proceder ao rebaixamento da via dentro dos túneis e à necessária compatibilização do traçado altimétrico com as zonas a montante e jusante, tal como se mostra no perfil longitudinal em anexo. (Ver anexo I)

Depois de estabilizado o traçado em planta e tendo em conta o perfil transversal tipo proposto, determinaram-se os pontos críticos que permitiram avaliar os valores máximos dos rebaixamentos necessários para definir a rasante da via.

No quadro VI, abaixo apresentado, pode-se apreender que a rasante se inicia aproximadamente ao km 87+810, dando continuidade ao trainel existente, com uma inclinação de -0,963‰ e com uma extensão de cerca de 30m. Esta solução melhora o traçado existente que se apresenta com uma quebra ao 87+820.528. Esta quebra aparenta estar muito próxima do ponto de tangência da clotóide existente, imediatamente anterior a este elemento de traçado. A continuação deste trainel permite aumentar a distância entre o ponto de tangencia em planta e a quebra em perfil, melhorando assim o traçado.

Quadro VI – Traçado do perfil longitudinal

pk	Alinhamento	Extensão (m)	Raio (m)	Inclinação (‰)
87810.537	Existente	30.000	-	-0.963
87840.537	Trainel	118.780	-	-0.07
87984.928	CV 1	51.220	10000.000	
88010.538	Trainel	438.046	-	5.052
88470.08	CV 2	42.991	-7000.000	
88491.575	Trainel	74.891	-	11.194
88588.629	CV 3	44.327	7000.000	
88610.793	Trainel	133.204	-	4.861
88743.998	Existente	57.076	-	6.062

A localização da curva de concordância vertical (CV1) de R=10.000m e com um desenvolvimento de 51,220m, sobre uma curva circular em planta permitiu fazer a inversão dos trainéis minimizando os valores do rebaixamento estabelecidos pela escolha dos pontos críticos anteriormente determinados garantindo uma melhor drenagem no interior do túnel.

A localização da curva de concordância vertical (CV2) de R=7.000m e com um desenvolvimento de 42.991m, sobre a curva circular em planta, permitiu minimizar os valores do rebaixamento no túnel da Má Passada.

A localização da curva de concordância vertical (CV3) de $R=7000\text{m}$ e com um desenvolvimento de $44,327\text{m}$, sobre a curva circular em planta permitiu subir a rasante, minimizando o rebaixamento aproximando-se progressivamente da rasante existente, aumentando-se assim o comprimento do trainel existente entre as duas curvas, bem como a distância entre o ponto de tangencia da curva vertical e o início da clotóide em planta, que passou de 20.0m para 30.0m .

A velocidade admissível para este raio vertical permite a circulação dos comboios à velocidade de 95 km/h , valor muito superior ao permitido pelo traçado em planta.

O raio mínimo recomendado para as curvas verticais, de acordo com a Norma Portuguesa ENV 13803-01 - Aplicações Ferroviárias - Parâmetros de projeto de traçado de via - Bitolas de via 1435mm e de valor superior - Parte 1: Plena via, para velocidades entre 80 e 120 km/h inclusive, é determinado pela expressão $0.35V_{\text{max}}^2$, em que V é a velocidade máxima ($R_v=2240\text{m}$).

A aceleração vertical (a_v) deverá ter como valor limite recomendado 0.22m/s^2 , o que se cumpre para o raio de 7000m .

A localização destas duas últimas curvas de $R=7000\text{m}$ teve em atenção a inclinação e a extensão resultante para o trainel intermédio. Otimizou-se a sua localização, com afastamentos mínimos às curvas de transição em planta, de modo a obter o afastamento máximo possível entre as duas curvas verticais, e assim minimizar a inclinação da rampa ($11,194\%$) e maximizar a sua extensão.

A ligação da rasante de projeto ao existente tem início num trainel com 57.076m de comprimento e com a inclinação de $6,062\%$.

08.04. PERFIL TRANSVERSAL TIPO

Para o desenvolvimento deste trabalho tipificaram-se quatro soluções, que tiveram por base a IT.GER.004.01. 2004: Perfis transversais tipo de plena via para via larga.

- Perfil transversal tipo em via única eletrificada a aplicar entre o pk87810.537 ao pk87960.017. Neste troço prevê-se que a colocação dos postes de catenária se faça do lado esquerdo conjuntamente com o caminho de cabos (ver anexo II);
- Perfil transversal tipo de via única eletrificada a aplicar entre o pk87960.017 ao pk88015.269. Neste troço a eletrificação e o caminho de cabos, passam para o lado direito da via sendo considerado do lado esquerdo uma via de emergência de acesso à boca do túnel do Loureiro (ver anexo II);
- Perfil Transversal tipo em via única eletrifica a aplicar no Túnel do Loureiro – pk88015.269 ao pk88417.541. Perfil transversal adaptado à geometria e à intervenção que se pretende implementar neste troço, com a colocação de um passadiço de evacuação lateral. No Túnel da Má Passada, pk88456.820 ao pk88488.281, a valeta de drenagem em betão do lado esquerdo da via é suprimida e dá lugar a um dreno, o caminho de cabos continua do lado direito da via, a alteração do sistema de drenagem dá-se na zona entre os túneis, entre os pk88417.541 e pk88456.820 (ver anexo II);
- Perfil transversal tipo em via única eletrificada a aplicar entre os pk88417.541 ao pk88456.820 e do pk88488.281 ao pk88801.073. Neste último troço passa-se a eletrificação para o lado esquerdo da via (ver anexo II).

08.05. INTERLIGAÇÃO E ITERAÇÃO ENTRE ESPECIALIDADES

Este projeto de reabilitação do túnel do Loureiro – criação de condições para a sua eletrificação, é composto por várias especialidades, estas encontram-se interligadas e passo a enumerá-las:

- Estruturas;
- Drenagem e Terraplenagem;
- Via.

Na estrutura foi necessário realizar alguns trabalhos de limpeza de superfície de alvenaria com jato de água e areia, preenchimento os vazios existentes, na alvenaria, no extradorso do túnel com injeção de calda de cimento, aplicação de uma impermeabilização com 3 mm de espessura mínima e recalçamento dos hasteais do revestimento de alvenaria para se proceder ao rebaixamento da via.

A nível da drenagem, foi necessário introduzir um órgão de drenagem no interior do túnel, associado a uma caleira do lado esquerdo do túnel, bem como um ralo em pinha no lado direito do túnel, para o encaminhamento das águas para o exterior do túnel até uma linha de águas existente, evitando que a água se infiltre no solo.

Na terraplenagem, foi necessário proceder a escavações no interior do túnel até atingir a cota de rebaixamento de via pretendida para a introdução de catenária no interior do túnel. No exterior do túnel também foi necessário intervir para a transição da cota da linha existente até à cota de rebaixamento de via no interior do túnel.

08.06. ARMAMENTO DE VIA

08.06.01 CARRIS

Os carris a serem aplicados na retificação do traçado de via é efetuado em barra longa soldada – BLS – carril 54E1.

08.06.02 TRAVESSAS E FIXAÇÕES

Os carris são assentes sobre travessas de madeira azobé equipadas com fixações “Vossloh”, na zona de reforço de banquetas e travessas de madeira de pinho equipadas com fixações “Nabla” na restante reabilitação de via no interior do túnel.

A madeira azobé e a fixação “Vossloh” foram escolhidas para a transição de via entre o exterior e o interior do túnel uma vez que possuem características mecânicas mais resistentes do que a madeira de pinho com fixações “Nabla”.

Nesta localização de reforço de banquetas a madeira de azobé estará sujeita a esforços superiores devido à variação de temperatura do que os esforços existentes no interior do túnel onde a temperatura se mantém constante, necessitando por isso de uma maior estabilização da via. Essa estabilização é conseguida através do aumento peso de balastro, com a criação de uma sobreelevação de balastro no topo da banquetas, e do aperto da fixação. Para isso, as fixações “Vossloh” permitem maiores tensões de aperto que as fixações “Nabla”, conferindo uma maior estabilidade à via.

A opção de colocação de travessas de madeira e não de betão bi-bloco no interior do túnel à semelhança do que está colocado na restante via existente no exterior do túnel, prende-se com o fato de a altura de travessa de betão ser de 0.21m e a altura da travessa de madeira de 0.15m, a altura do carril é de 0.159m. Devido a este fato a espessura total necessária para a colocação de armamento de via carril+travessa betão bi-bloco será de 0.369m, enquanto que o conjunto carril+travessa de madeira é

de 0.309m. Neste caso comparativo de colocação de travessas de madeira ou de betão bi-bloco no interior do túnel, é, claramente, mais vantajoso a colocação de travessas de madeira ao invés de travessas de betão bi-bloco, uma vez que nos permite ter uma espessura de armamento de via menor, permitindo um maior gabarito no interior do túnel. Não obstante a tudo o que foi dito anteriormente, é de salientar que as travessas de madeira no interior do túnel se encontram protegidas das intempéries, permitindo-lhes uma maior durabilidade.

08.06.03 SOBRE-BITOLAS

A sobre-bitola é um alargamento de bitola efetuada para melhor inserção do veículo na curva em planta. Neste caso, a sobre-bitola existe na entrada e saída dos túneis, na zona de reforço de banquetas onde os esforços são maiores.

08.06.04 APARELHOS DE DILATAÇÃO

Neste estudo existem dois cenários diferentes, um primeiro cenário é composto pela via fora do túnel e o segundo cenário pela via dentro do túnel.

No primeiro cenário a via é sujeita a variações de temperatura, o que faz com que esta dilate e contraia. Esta ao dilatar fica estrangida pelo carril imediatamente adjacente, provocando tensões no carril muito elevadas. Para que essas tensões sejam absorvidas e não exista a possibilidade de haver um descarrilamento devido a esse ponto fraco de junção entre os dois carris é necessária a colocação de Aparelhos de dilatação de via (AD), estes aparelhos têm a função de absorver as tensões provocadas pela variação de temperatura, pelo peso próprio do comboio, pela carga do comboio, pelas forças de atrito provocadas pelo sistema Roda/Carril e pelo peso próprio do carril.

A desvantagem da utilização de AD's, é económica, pois estes necessitam de manutenção para que se mantenham em perfeitas condições de funcionamento.

Segundo o anexo V da norma técnica NT 4/b. 1986, que passo a apresentar, existem outras soluções válidas para a dispensa da aplicação de AD's, através de um reforço lateral de balastro, tornando a linha menos dispendiosa.

“O comportamento das barras longas soldadas – B.L.S. depende em parte do equilíbrio das fixações que garantam uma qualidade de aperto constante. Essa qualidade de aperto ou manutenção é por sua vez função da travessa e balastro, pois se o equilíbrio das tensões de barra não se romper pelas fixações de carril à travessa, pode romper-se pelo encastramento da travessa no balastro.

Assim pode-se constatar que o equilíbrio numa B.L.S. é triaxial, devendo existir forças elásticas de equilíbrio que garantam que as barras não podem mover-se. Essas forças são:

- Forças verticais*
- Forças laterais*
- Forças horizontais*

Acção das forças verticais numa barra longa soldada

Quando existe tensão acumulada em determinada zona da via existe uma deformação. Essa deformação força a via a mover-se verticalmente. Em consequência, as travessas saem da sua posição, daí resultando uma redução de encastramento transversal travessa/balastro que possibilita o deslocamento lateral da via sob acção das forças internas (variação de temperatura).

Esta situação acontece-se sempre com a via não carregada, sem nenhuma composição sobre ela, mas é quase sempre despoletada imediatamente após a passagem do veículo de cauda do comboio, quando se dá a descompressão do balastro e a passagem do último rodado em simultâneo.

Acção das forças laterais numa barra longa soldada

- Via não carregada*

Entende-se por estabilidade numa via não carregada a estabilidade dessa via quando não estão a passar circulações. Essa estabilidade é então apenas afectada pelas forças resultantes das variações de temperatura.

*Ensaaios feitos em várias linhas com diferentes tipos de travessas, balastro e carris, com a via não carregada, concluíram que a banqueta de balastro da via tem influência na sua resistência lateral mas, a partir de um determinado valor (**X**), a largura da banqueta deixa de ter qualquer influência na estabilidade da via.*

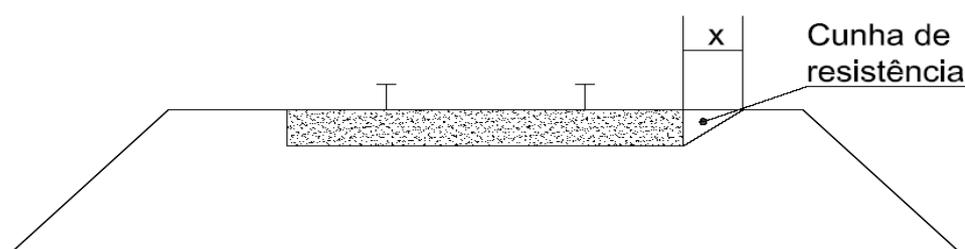


Figura VIII – Cunha de resistência. (NT 4/b. 1986. Anexo V)

*Quando a pressão lateral é muito grande, dá-se a rotura do balastro a uma distância **X** que é função do coeficiente de atrito interno do balastro e da altura da travessa. Esse valor de **X** varia entre 35 e 45cm. (figura VIII)*

Após alguns estudos verificou-se que é preferível fazer uma sobrelevação do balastro no topo da travessa (figura IX), a aumentar a banqueteta para além de 45cm a partir desse topo, aumentando assim o peso da cunha de resistência. Na prática a sobrelevação da banqueteta apenas se utiliza em curvas de raio inferior a 1000m, segundo a norma IT.GER.004.01. 2004 – Perfis Transversais Tipo de Plena Via para Via Larga

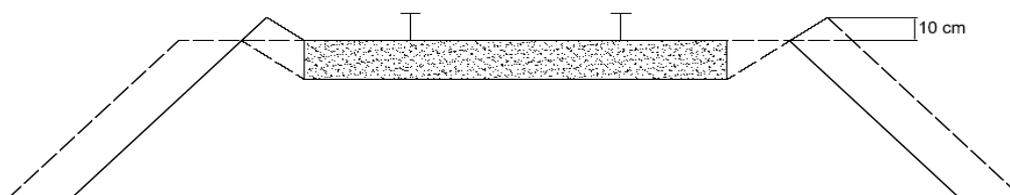


Figura IX – Reforço de banquetetas de balastro. (NT 4/b. 1986. Anexo V)

Acção das forças longitudinais

As acções longitudinais são de duas ordens, as devidas às circulações (tracção e frenagem) e as devidas às variações de temperatura.

Como foi referido anteriormente, o equilíbrio de esforços longitudinais numa via pode romper-se tanto pelas fixações do carril à travessa, como pelo encastramento de travessas no balastro. Por isso, o aperto das fixações deve estar de acordo com o tipo de travessa utilizada, de modo a que a resistência oposta aos impulsos longitudinais da via pelo encastramento da travessa no balastro, seja sempre superior à resistência oposta pelas fixações.

Quando isto não acontece, os impulsos transmitidos pelo carril através das fixações às travessas, fazem com que estas comprimam o balastro à sua frente. Se o impulso não é muito forte, o balastro é comprimido dentro de uma fase elástica e, quando o esforço

se reduz, a travessa e o balastro regressam à posição primitiva. Mas se o impulso é muito grande e faz ultrapassar a fase elástica do balastro, já não há regresso, passando a haver desajustamento entre a parede lateral da travessa e o balastro originando uma folga que vai aumentando com os impulsos seguintes, chegando a atingir valores tais que as travessas ficam desacompanhadas.

Se isso acontecer deverá reduzir-se o valor do aperto da fixação do carril à travessa e dar-se novo ataque à via.

Segundo a NT4/B.1986, as barras longas soldadas podem ser aplicadas em travessas de madeira e pregação elástica, até ao limite recomendado para os raios das curvas:

- via equipada com travessas de madeira e pregação elástica – em curvas de raio superior a 800 metros;*
- via equipada com travessas de betão bi-bloco e fixação adequada – em curvas de raio superior a 300 metros.”*

Para além das recomendações acima referidas ao uso de BLS existem outras limitações à utilização de barras longas soldadas dentro de túneis para a dispensa do uso de aparelhos de dilatação.

“Dentro dum túnel, em princípio a temperatura é constante, sendo no verão inferior à temperatura no exterior e ao contrário no inverno. Por isso existe à entrada e à saída dos túneis uma zona de grande variação de temperatura, zona essa que se estende para dentro do túnel até cerca de 20m.

Assim, considera-se aconselhável isolar as barras de carril da zona do túnel, colocando aparelhos de dilatação, à entrada e saída, de modo a facilitar as tarefas de conservação. Estes aparelhos de dilatação deverão ficar a cerca de 18m das bocas do túnel.

No entanto, se forem tomados cuidados especiais, pode evitar-se a colocação destes aparelhos de dilatação desde que haja uma garantia de qualidade do aperto das fixações dos carris às travessas, fazendo-se ao mesmo tempo um reforço da banquetta de balastro (sobreelevação) (explicado no ponto Acção das forças laterais numa barra longa soldada) numa extensão de 80m, sendo 50m no exterior e 30m no interior do túnel.

Se o túnel for muito curto, 20 ou 30 m, não chega a existir uma zona de temperatura constante dentro do túnel. Neste caso, se o túnel ficar situado na zona neutra, em plena BLS, não será necessário cortá-la para colocar o aparelho de dilatação. Deverá dar-se continuidade à BLS, reforçando as fixações e as banquetas em toda a extensão do túnel e mais 50m para cada lado das suas bocas. Deverá ainda haver o cuidado de regularizar as tensões internas da barra, dentro do túnel, a uma temperatura menor que a temperatura média exterior e de as homogeneizar desapertando as fixações da BLS, depois desta ser regularizada é apertada novamente.” (anexo V, NT4/b. 1986)

Neste projeto seguiu-se a recomendação da REFER, segundo o anexo V da NT4/b.1986, para a utilização da BLS.

Assim, aplicando esta norma ao caso concreto dos Túneis do Loureiro e Má Passada, a banquetta de balastro deverá ser reforçada nos 50m que antecedem a boca de entrada do túnel do Loureiro e nos 50m após a boca de saída do túnel da Má Passada.

A extensão de 30m no interior dos túneis, a considerar para o reforço, será estendida, dados os parâmetros dinâmicos referidos anteriormente, para a zona em causa. Deste modo, as zonas consideradas compreendem o início e fim do Túnel do Loureiro, o troço entre os dois túneis e toda a extensão do Túnel da Má Passada.

Nestas zonas será considerado o reforço da fixação e da banquetta de balastro, que terá início desde as travessas de betão, à entrada do Túnel do Loureiro, até ao final da Curva 1 (clotóide de saída, que se situa cerca do km 88,128), e retomado no início da Curva 4 (clotóide de entrada, ao km 88,327) até ao início das travessas bi-bloco, à saída do Túnel da Má Passada.

08.07. FASEAMENTO CONSTRUTIVO

A metodologia para implementação da obra, tendo em conta que esta se fará apenas com interdição da circulação ferroviária por tempo limitado, deverá ser equacionada tendo em conta os seguintes princípios:

- Implementar restrições à circulação ferroviária para a velocidade de 30km/h, em todo o troço a intervencionar e durante a execução da obra;
- Intervir na abóbada e hasteais do túnel e fazer o necessário reforço dos hasteais por troços alternados, escorando a via nos topos das travessas e no carril;
- Criar, na via, duas “zonas tampão” com cerca de 18m cada, uma antes do primeiro túnel e a outra depois do segundo túnel, e reforçar as fixações para cada um dos lados da “zona tampão”, de modo a aliviar as tensões geradas pelas diferenças de temperatura e por questões de segurança dentro do túnel;
- Cortar a via em troços de 18m que serão retirados para se proceder à escavação do leito da via. Esta tarefa depende da quantidade e da qualidade dos trabalhos a

- executar, não sendo por isso possível determinar com rigor o rendimento do avanço da obra por interdição de via. O corte dos carris deverá ter em conta a localização das soldaduras existentes de forma a maximizar o aproveitamento do carril;
- Estes troços serão repostos no final de cada interdição de via. Considera-se admissível que o perfil longitudinal, possa ter quebras com uma diferença de inclinação \leq a 4‰;
 - O processo de suspensão da via deverá ser submetido à aprovação da REFER. Terminados os trabalhos relativos a cada interdição, a via terá que permitir a circulação dos comboios à velocidade proposta pela REFER;
 - Estas tarefas serão repetidas sucessivamente até se obterem as cotas definidas no perfil longitudinal da via em toda a sua extensão.
 - Durante o tempo de transição da situação atual da via para a situação de projeto futuro é necessário assegurar duas ligações provisórias, respetivamente, à entrada do primeiro túnel e à saída do segundo túnel.
 - Após a conclusão da obra de rebaixamento de cota do carril, deverão ser efetuados os trabalhos necessários para se poder alinhar e nivelar corretamente a via, de modo a não colocar em risco a segurança, a comodidade dos passageiros, a operacionalidade e a trafegabilidade da linha.

08.08. TRABALHOS DE VIA

08.08.01 DESCARGA E REGULARIZAÇÃO DE BALASTRO

A operação de descarga de balastro só é efetuada quando se prevê que a quantidade de balastro existente na via não é suficiente para compensar a sua subida imposta pelo projeto ou resultante da correção dos defeitos de nivelamento, deixando as travessas apoiadas e guarnecidas. Esta ação de descarga e regularização de balastro é

uma atividade que normalmente antecede o ataque mecânico de via e a estabilização dinâmica da via, muito embora estes sejam realizados praticamente em conjunto.

O objetivo da regularização do balastro é a de dar forma ao perfil transversal de balastro, denominado de perfil teórico de via, e auxiliar o ataque de via com o preenchimento dos vãos das travessas com o balastro necessário ao correto encastramento das mesmas.

O comboio de balastro é o transporte que assegura a colocação do balastro no local onde vai ser descarregado. (fig. X)



Figura X – Comboio de balastro. (GIBB Portugal)

Uma vez descarregado o balastro (fig. XI) no troço de via intervencionada, entra em funcionamento a regularizadora de balastro (fig. XII), tal como o próprio nome indica, o que esta máquina de grande porte vai fazer é regularizar o balastro para a obtenção do perfil teórico de via, ou seja o perfil transversal de projeto.



Figura XI – Descarga de balastro. (GIBB Portugal)



Figura XII – Regularizadora de balastro. (GIBB Portugal)

Esta composição desloca-se em trabalho para a frente e para trás, várias vezes, até garantir um correto perfil transversal da camada de balastro.

08.08.02 ATAQUE E ESTABILIZAÇÃO DINÂMICA DE VIA

Na sequência do trabalho de regularização, temos o ataque de via seguido de estabilização mecânica de via. Estes dois trabalhos resumem-se a colocação da via na posição geometria pretendida e melhorar a compactação do balastro, respetivamente.

O trabalho de ataque de via é feito através de uma máquina denominada de atacadeira (fig. XIII). Esta máquina coloca a via na posição geométrica pretendida, fazendo o levantamento da via para a cota pretendida bem como o seu alinhamento horizontal.

Este trabalho é feito através da vibração do balastro o que origina um elevado nível de compactação deste sob as travessas.

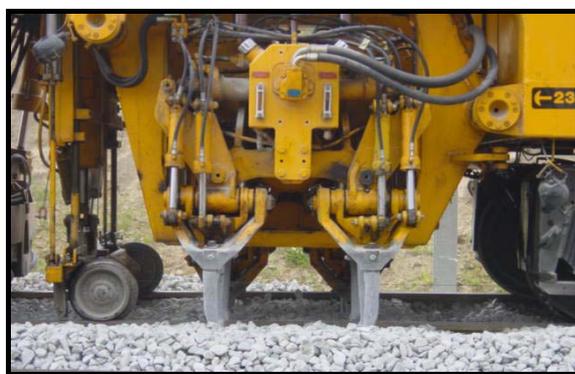


Figura XIII – Atacadeira Mecânica Pesada. (GIBB Portugal)

A estabilização dinâmica da via é assegurada por uma máquina denominada Estabilizadora dinâmica de via (fig. XIV).

Este trabalho é necessário para obter uma melhoria do grau de compactação do balastro na via anteriormente efetuado pela atacadeira de balastro. Este trabalho consiste na vibração lateral do balastro obtendo-se uma melhoria significativa da geometria da via, e um aumento de durabilidade do perfil de balastro aumentando assim os ciclos de manutenção de via.



Figura XIV – Estabilizadora dinâmica de via. (GIBB Portugal)

08.08.03 ESMERILAGEM PREVENTIVA DOS CARRIS

A esmerilagem preventiva dos carris é uma tarefa realizada para se eliminar todos os defeitos que os carris possam apresentar.

A frequência da circulação de comboios na via provoca defeitos no carril, assim a esmerilagem funciona como uma correção do carril eliminando os defeitos que possa ter adquirido. Uma vez que o estudo do projeto da criação de condições de eletrificação da linha do Douro, no Túnel do Loureiro preconiza o levantamento do carril existente e a sua substituição por carril novo, então este trabalho de esmerilagem corretiva não se coloca. Por outro lado, como o carril a colocar é um carril novo, contém de origem uma capa superficial pobre em carbono (fig. XV). Deste modo este trabalho é preventivo, uma vez que vai ajudar a retirar a capa superficial pobre em carbono da

cabeça do carril, a película de laminagem e os defeitos superficiais que possam surgir no manuseamento dos carris.



Figura XV – Esmerilagem preventiva. (GIBB Portugal)

Durante o tempo de transição da situação atual da via para a situação de projeto futuro é necessário fazer duas ligações provisórias, respetivamente, à entrada do primeiro túnel e à saída do segundo túnel.

08.09. MEDIÇÕES

As medições deste trabalho apresentadas resumem as quantidades de material necessário ao rebaixamento da via.

A definição de preços unitários identifica os trabalhos referentes a cada item das medições e apresenta a sua descrição e critério de medição, definindo cada trabalho individualmente bem como todas as preparações que são necessárias a cada trabalho.

No anexo III é apresentado o mapa de quantidade e no anexo IV a definição de preços unitários para os todos trabalhos inerentes à criação de condições de eletrificação do túnel do Loureiro – Superestrutura de via, terraplenagem e drenagem.

08.10. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

A estimativa orçamental apresenta um custo global dos trabalhos relativos ao rebai-xamento da via. (anexo V)

09. CONCLUSÃO

Este relatório refere-se à criação de condições para eletrificação de via dentro dos túneis do Loureiro e da Má Passada, situados na linha do Douro. Esta é uma linha antiga, que está a ser alvo de renovação. No futuro a REFER pretende abandonar os comboios a diesel nesta linha e passar a fazer a circulação na linha do Douro em comboios elétricos, melhorando as características da via e as condições de conforto e segurança dos passageiros.

Ao iniciar o projeto foram equacionadas três hipóteses de resolução do problema proposto. Foram elas; passagem de via balastrada a via não balastrada dentro dos túneis; demolição e reconstrução das bocas dos túneis que estão construídas em alvenaria e estas é que são o ponto crítico para a colocação da catenária no túnel; e a terceira hipótese refere-se ao rebaixamento da via balastrada.

Na solução da via não balastrada acorreríamos num problema de aumento de deterioração da via nas zonas de ligação ao existente, aumentando os seus custos de manutenção, devido à transição de materiais de via, pois a via existente a jusante e a montante dos túneis já se encontra renovada e é uma solução em via balastrada.

Na solução da demolição e reconstrução das bocas de alvenaria dos túneis, e porque estes são revestidas poderíamos incorrer no risco de instabilização da encosta colocando os túneis em perigo.

Na última solução apresentada do rebaixamento de via, é aquela que trará menores custos de construção e menores riscos de conceção, sendo possível manter o túnel

em funcionamento durante os trabalhos de renovação de via, apenas com interdições noturnas de curta duração.

Em planta procedeu-se a um ajuste de traçado com o propósito de compatibilizar a colocação de um passadiço de emergência dentro do túnel de um dos lados da via e garantir os parâmetros de segurança e conforto de acordo com a Norma NP ENV 13803-1.2007, para uma velocidade de 80km/h.

Em perfil longitudinal, foi indispensável proceder-se ao rebaixamento da rasante para que se possa inserir o perfil transversal tipo da via dentro do túnel existente, cumprindo todas as normas de segurança, de modo a alcançar o gabarito vertical necessário à criação de condições para a eletrificação da via dentro dos túneis.

Todos os parâmetros de cálculo dinâmico foram ajustados de modo a satisfazer a norma NP ENV 13803-1 de 2007, Aplicações Ferroviárias. Parâmetros de Projeto de traçado de via – Bitolas de via de 1435mm e de valor superior. Parte 1: Plena via. Anexo G: *Valores dos parâmetros de projeto de traçado da via para bitolas superiores a 1435mm*, validando assim o traçado geométrico em planta, e obtendo-se uma relação segurança / manutenção razoável.

Da otimização do cálculo dinâmico em conjunto com o traçado em planta, resultou que alguns dos parâmetros dinâmicos ultrapassam os valores limites recomendados. Considerando sempre o traçado para uma velocidade de 80km/h.

A resolução desta situação obrigava por um aumento de escala para um valor recomendado, o que conduziria ao aumento dos valores de dD/dl e dD/dt acima do limite recomendado.

Com o traçado geométrico otimizado, e não sendo possível aumentar mais o comprimento das clóide das curvas, de forma a permitir uma diminuição de disfarce de escala e a variação de escala no tempo, assume-se que a solução apresentada é a solução ótima para o cálculo dinâmico e para a geometria.

De acordo com o anexo V da NT 4/b, os aparelhos de dilatação são colocados onde possam existir tensões nas barras longas soldadas, como é o caso das entradas e saídas dos túneis por efeitos da variação de temperatura. Por outro, ainda de acordo com a mesma norma, se se tiver em consideração um reforço de aperto de fixação e um aumento da sobrelevação de balastro de 10cm, compensando as tensões provocadas pela variação de temperatura, então os aparelhos de dilatação são dispensáveis há entrada e saída do túnel do Loureiro e da Má Passada, favorecendo a economia na construção ou renovação da via, a segurança e conforto do passageiro bem como a manutenção da via, uma vez que se suprime um ponto causador de entropia entre os carris e as rodas do veículo. Logo, anulam-se os custos de manutenção e aplicação associados aos aparelhos de dilatação, tornando o projeto menos dispendioso na fase de construção e posteriormente na fase de manutenção.

10. GLOSSÁRIO

Barra Longa Soldada (BLS)

Troço de via equipado com carris soldados entre si numa extensão tal, que origina a existência de uma zona central fixa, quaisquer que sejam as variações de temperatura (zona neutra).

Curvas

Designa tanto as curvas horizontais como as verticais, bem como os respetivos elementos de transição.

Os parâmetros das curvas são definidos para o eixo da via, desde que não seja especificado o contrário.

Curva circular

Curva de raio constante.

Curva de transição

Curva de raio variável.

Pode existir uma curva de transição entre duas curvas circulares, com raios diferentes, assim como entre uma curva circular e um alinhamento reto. A clotoide é normalmente usada como curva de transição, proporcionando uma variação constante da curvatura e onde se pode fazer a variação da escala. Em certos casos, os extremos das curvas de transição são mesmo arredondados através de “*doucines*”.

Neste tipo de transições verifica-se, geralmente, proporcionalidade entre a curvatura e a escala.

Podem usar-se outras formas de curvas de transição que apresentam uma variação não constante entre a curvatura e a escala.

Em princípio, não se usam curvas de transição no traçado em perfil longitudinal.

Curva composta

Curva formada por duas curvas circulares do mesmo sentido e de raios diferentes.

As duas curvas adjacentes podem ser ligadas por uma curva de transição.

Curva e contra-curva

Curva formada por duas curvas circulares de sentidos contrários.

As duas curvas adjacentes podem ser ligadas por uma curva de transição.

Escala

Diferença de cotas entre as duas filas de carril da via.

Considera-se que a escala é positiva quando o carril exterior, numa via em curva, se situa a uma cota superior à do carril interior e negativa quando é o carril interior que se situa a uma cota superior à do carril exterior.

A escala negativa é inevitável nos aparelhos de mudança de via assentes em vias principais em curva com escala, quando a via desviada está encurvada em sentido oposto ao da via direta, ou na plena via imediatamente após a via desviada do aparelho.

Quando a velocidade de um veículo circulando em curva é tal que a resultante do peso do veículo e da ação da força centrífuga é perpendicular ao plano definido pelos carris, o veículo não é submetido a uma força centrífuga não compensada e diz-se em equilíbrio. Para se atingir esta condição numa via em curva, torna-se necessário sobrelevar,

de um determinado valor, uma das filas de carril em relação à outra. Este valor designa-se por escala teórica ou escala de equilíbrio.

Excesso de escala

Quando a velocidade de um veículo, circulando numa curva com uma dada escala prática, é menor que a sua velocidade de equilíbrio, esse veículo é submetido a uma força centrípeta não compensada. A escala prática é excessiva para uma velocidade mais baixa e a resultante das forças desloca-se em direção ao carril interior da curva. As condições de equilíbrio poderão ser, em teoria, restabelecidas se se tomar em consideração o valor em que a escala prática está em excesso para esta velocidade mais baixa. Este valor chama-se excesso de escala.

Insuficiência de escala

Quando a velocidade de um veículo, circulando numa curva com uma dada escala prática, é maior que a sua velocidade de equilíbrio, esse veículo é submetido a uma força centrífuga não compensada. A escala prática é insuficiente para uma velocidade mais elevada e a resultante das forças desloca-se em direção ao carril exterior da curva. As condições de equilíbrio poderão ser, em teoria, restabelecidas se se tomar em consideração o valor em que a escala prática é insuficiente para esta velocidade mais elevada. Este valor chama-se insuficiência de escala.

Valores limite recomendados

Valores que não devem ser ultrapassados pelo projetista para o traçado de novas linhas ou secções de linha de caminho de ferro, ou para a beneficiação de linhas existentes. Estes valores asseguram que os custos de manutenção da via se conservam

num nível aceitável, exceto em condições particulares onde a estabilidade da via se possa degradar, sem comprometer o conforto dos passageiros.

Valores limite máximos (ou mínimos)

Valor extremo que se admite poder ser utilizados pela maior parte dos veículos ferroviários à velocidade máxima. Sendo valores extremos, é essencial que o uso de valores limite máximos (ou mínimos) seja tão raro quanto possível em qualquer linha.

Variação da escala em função do comprimento

Taxa segundo a qual, a escala aumenta ou diminui ao longo de um dado comprimento da transição.

Variação da escala em função do tempo

Taxa segundo a qual a escala aumenta ou diminui relativamente à velocidade máxima de um veículo circulando numa curva de transição; por exemplo 35mm por segundo significa que um veículo que se desloque à velocidade máxima permitida sofrerá uma variação da escala de 35 mm em cada segundo.

Variação da insuficiência de escala em função do tempo

Taxa segundo a qual a insuficiência de escala aumenta ou diminui relativamente à velocidade máxima de um veículo circulando numa curva de transição; por exemplo 35mm por segundo significa que um veículo que se desloque à velocidade máxima permitida sofrerá uma variação da insuficiência de escala de 35mm em cada segundo.

Velocidade máxima permitida

Velocidade máxima permitida numa curva e nos seus elementos de transição, tendo em consideração o raio, a escala, a insuficiência de escala, as variações da escala e da insuficiência de escala e outros parâmetros.

Velocidade da linha

Velocidade máxima a que os veículos são autorizados a circular numa linha ou numa via ou em secções de uma linha ou de uma via.

O limite de velocidade da linha é usualmente estabelecido tendo em consideração a incidência das limitações permanentes de velocidade da linha ou da via. Nas linhas de tráfego misto, podem existir simultaneamente vários limites de velocidade diferentes para os diversos tipos de categorias de tráfego.

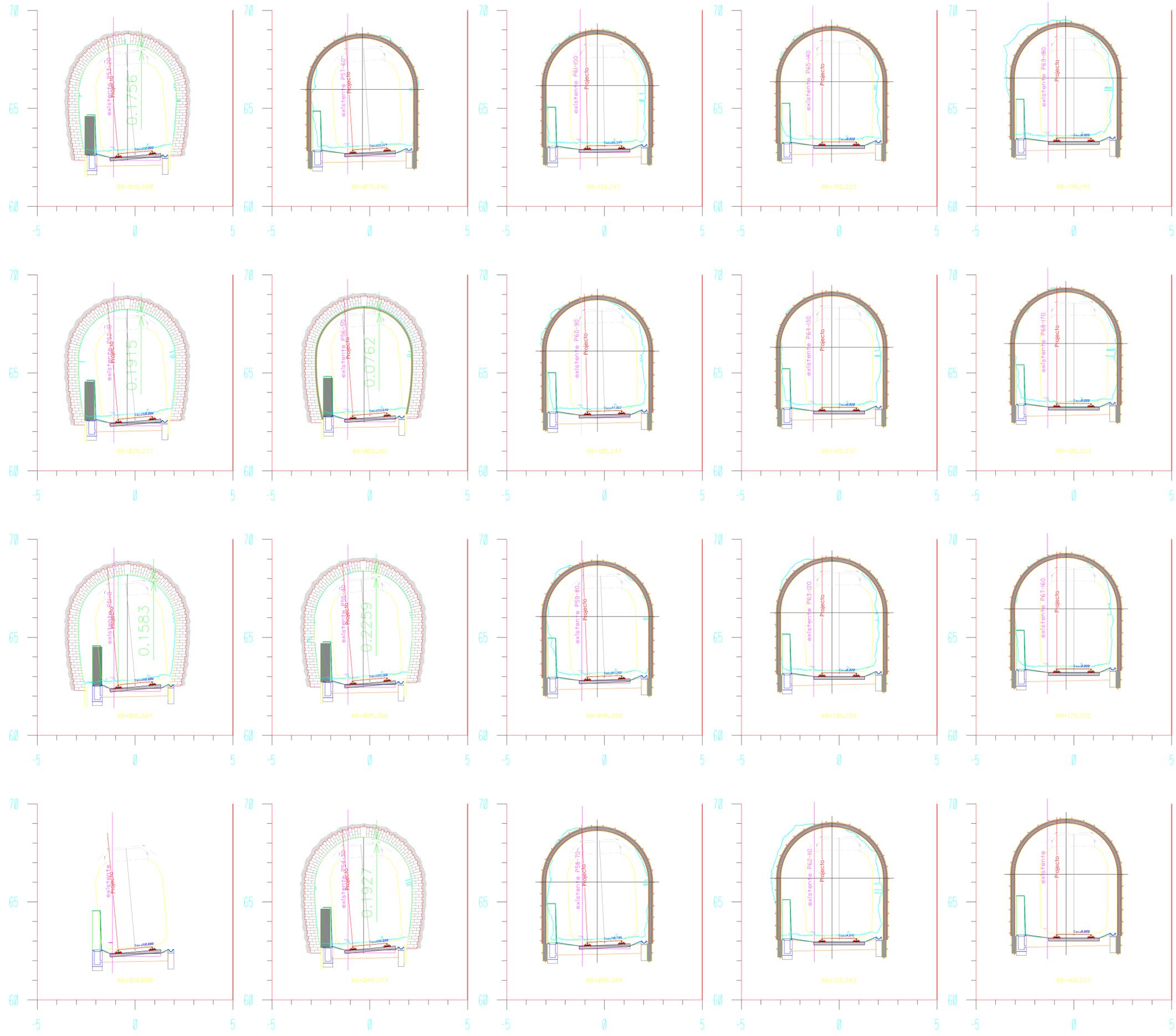
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- NP ENV 13803-01. 2007, Aplicações ferroviárias - Parâmetros de traçado de via: Bitolas de via de 1435mm e de valor superior. Parte 1: Plena via.
- NT4/b. 1986. Empreitada de Renovação Integral de Via: Anexo V: Fiscalização e recepção dos trabalhos de renovação de via
- IT.GER.004.01. 2004. Perfis Transversais Tipo de Plena Via para Via Larga
- Memória descritiva do projeto de execução: Reabilitação Estrutural do Túnel do Loureiro, ao km 88,217 da linha do Douro. 2010.
- Relatório de Estágio: Topografia Aplicada aos Caminhos de Ferro. 1997
- <http://www.charpointer.com/pt/> [consultado em 15 Fevereiro 2012]

ANEXOS

ANEXO I

- Planta e Perfil Longitudinal – Folha 1 / 2
- Planta e Perfil Longitudinal – Folha 2 / 2
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 1 / 3
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 2 / 3
- Perfis Transversais no interior dos Túneis – Folha 3 / 3



Notas e História de Alterações

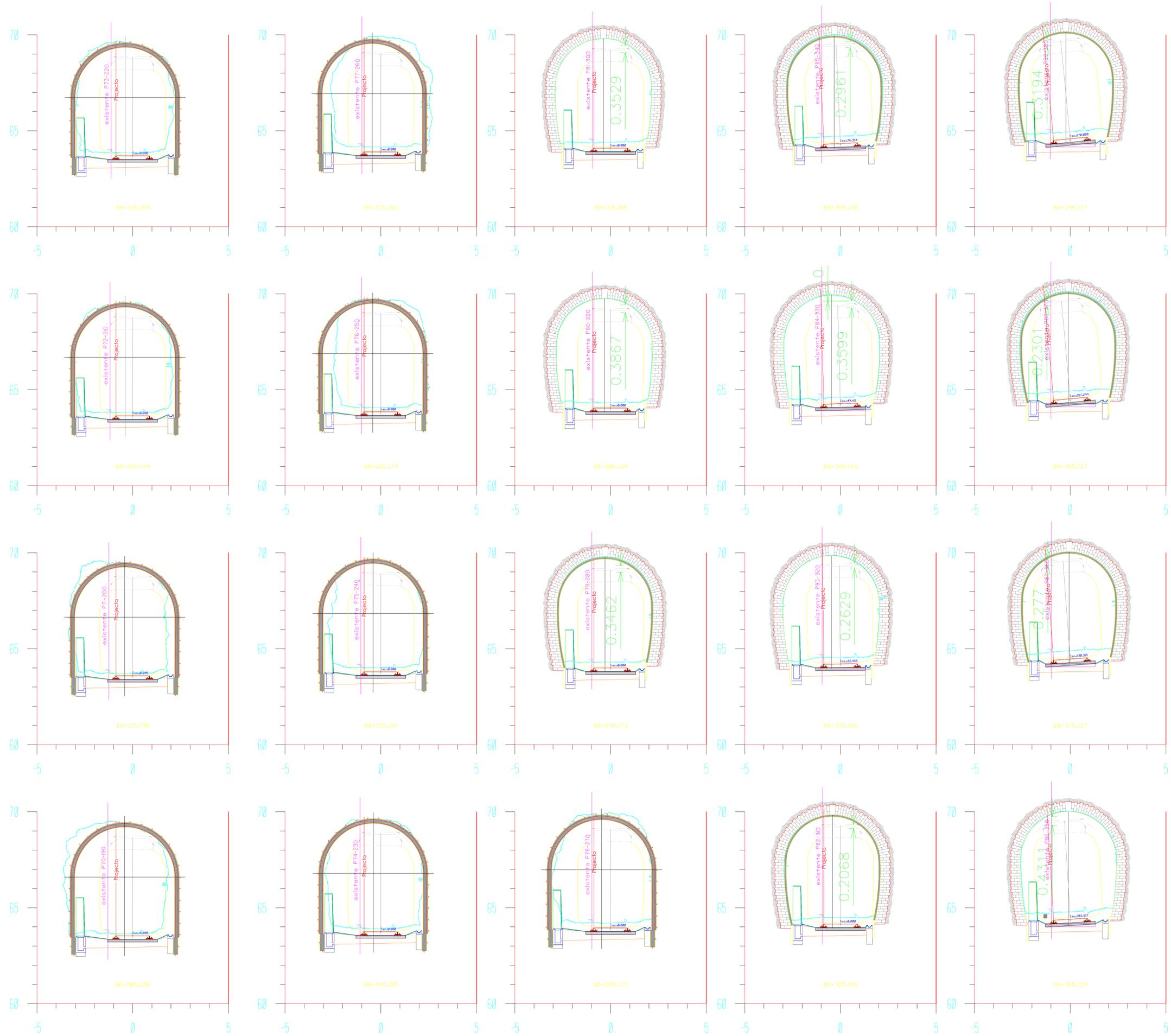
Logótipos e Informação complementar



ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

<p>Neuza Valente N.º 23938</p>	<p>LINHA DO DOURO</p> <p>Relatório de Estágio para obtenção de Grau Mestre</p> <p>Via Férrea</p> <p>Reabilitação do Túnel do Loureiro</p> <p>Criação de Condições para a sua Electificação</p> <p>Perfis Transversais Tipo</p> <p>Túnel</p> <p>Folha 1/3</p>	<p>2010 / 2011</p>
------------------------------------	--	--------------------

<p>ESCALAS : 1/100</p>		<p>ANEXO I</p>
----------------------------	--	----------------

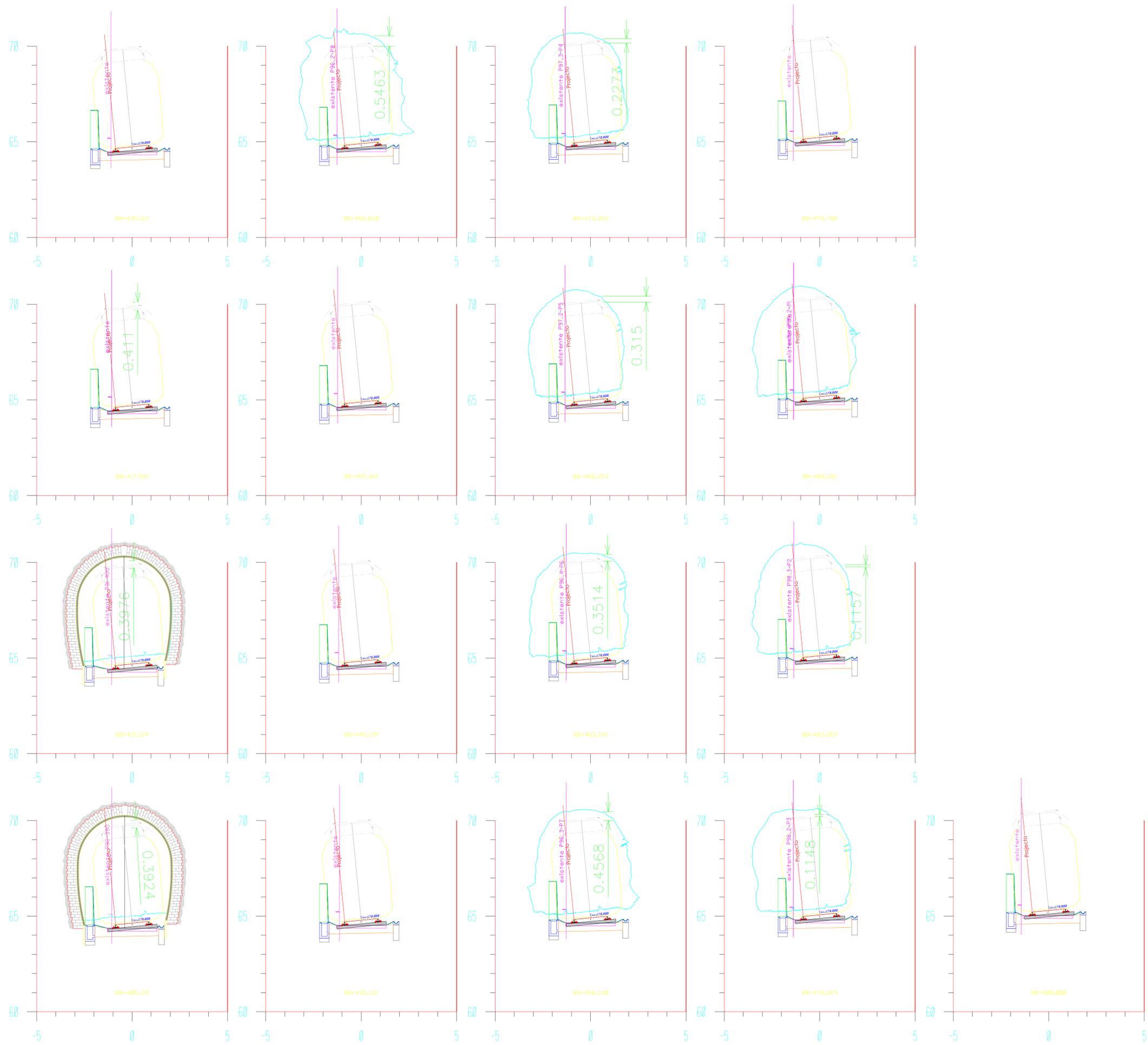


Notas e histórico de alterações

Logótipo e informação complementar

ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Neuza Valente N.º 23938	LINHA DO DOURO Relatório de Estágio para obtenção de Grau Mestre Via Férrea Reabilitação do Túnel do Loureiro Criação de Condições para a sua Electrificação Perfis Transversais Tipo Túnel Folha 2/3	2010 / 2011
ESCALAS : 1/100		ANEXO I



Notas e histórico de Alterações

Logótipo e informação complementar

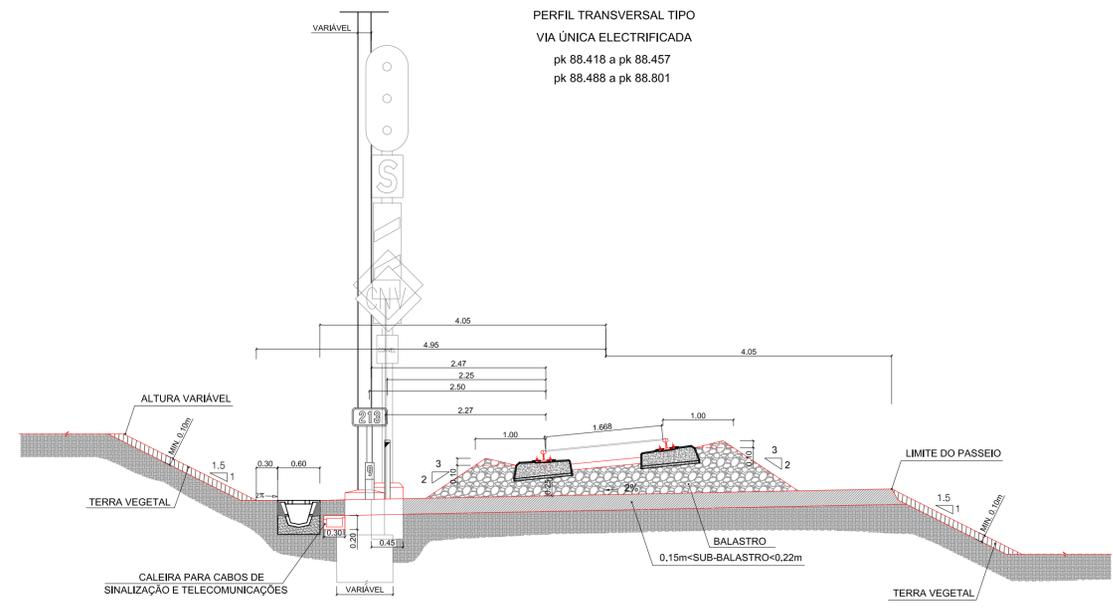
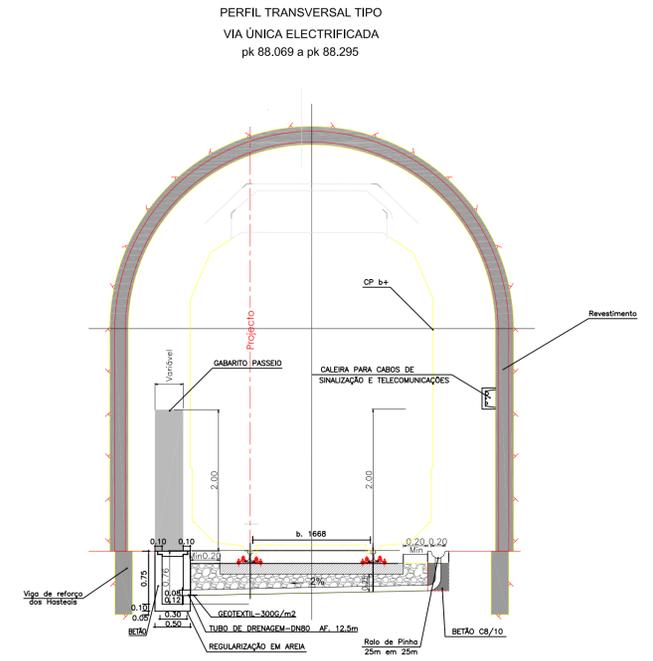
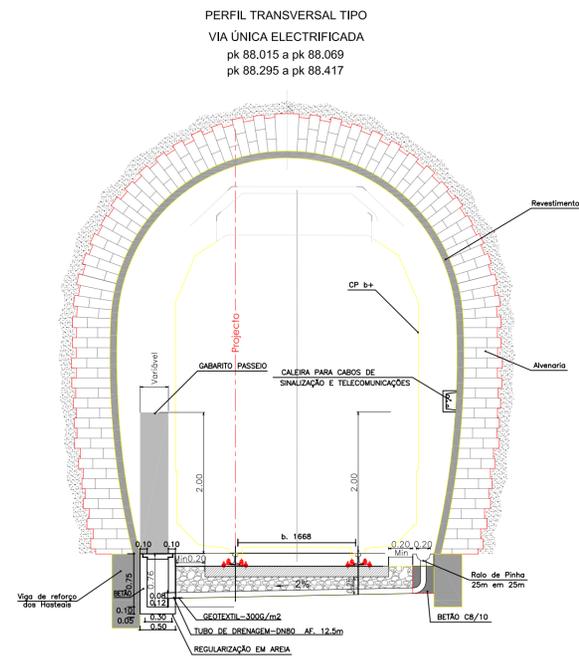
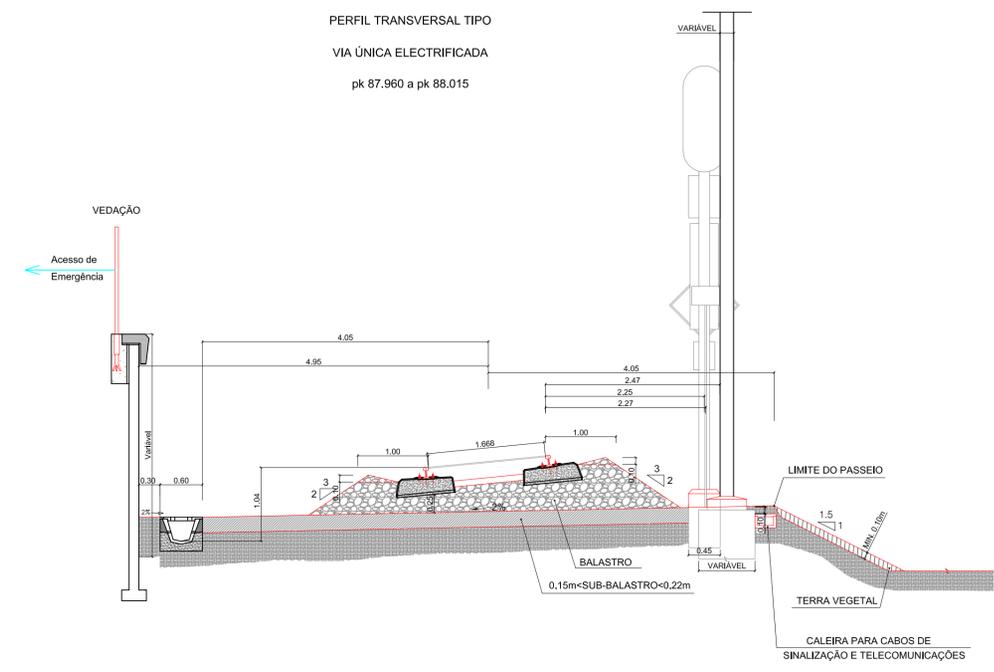
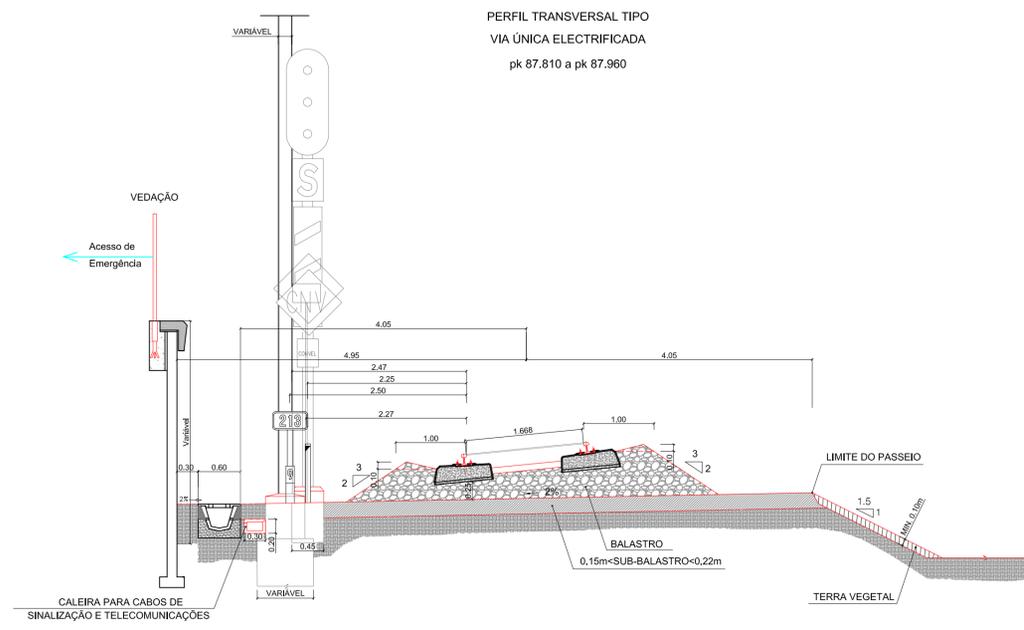


ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Neuza Valente N.º 23938	LINHA DO DOURO Relatório de Estágio para obtenção de Grau Mestre Via Férrea Reabilitação do Túnel do Loureiro Criação de Condições para a sua Electrificação Perfis Transversais Tipo Túnel Folha 3/3	2010 / 2011
ESCALAS : 1/100	ANEXO I	

ANEXO II

- Perfis transversais tipo



Notas e histórico de Alterações		
Logótipos e informação complementar		
 ISEL INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
Neuza Valente Nº. 23938	LINHA DO DOURO Relatório de Estágio para obtenção de Grau Mestre Via Férrea Reabilitação do Túnel do Loureiro Criação de Condições para a sua Electrificação Perfis Transversais Tipo	2010 / 2011
ESCALAS : 1/50		ANEXO II

ANEXO III

– Mapa de Quantidades de Trabalho

**REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DO TÚNEL DO LOUREIRO -
CRIAÇÃO DE CONDIÇÕES PARA A SUA ELECTRIFICAÇÃO
VIA**

MAPA DE QUANTIDADES DE TRABALHO

Código	Designação dos Trabalhos	Unid.	Quant.
02	SUPER-ESTRUTURA DE VIA-FÉRREA		
02.01	Troço entre os pks 87+810 a 88+015 e 88+488 a 88+801		
02.01.01	Via		
02.01.01.01	Levantamento de travessas de betão	un	18.00
02.01.01.02	Assentamento de via, incluindo transporte e descarga	m	517.54
02.01.01.03	Soldadura Aluminotérmica	un	12.00
02.01.01.04	Desguarnecimento em via corrente		
02.01.01.04.01	Desguarnecimento sem depuração de balastro (reciclar em sub-balastro)	m	
02.01.01.04.02	Desguarnecimento com depuração de balastro	m	517.54
02.01.01.05	Fornecimento, transporte, descarga e regularização de balastro.	m3	
02.01.01.06	Ataque definitivo em via corrente	m	517.54
02.01.01.07	Esmerilagem preventiva	m	517.54
02.01.01.08	Fornecimento, transporte e implantação de postes quilométricos	un	1.00
02.01.01.09	Fornecimento, transporte e implantação de marcos hectométricos em betão	un	5.00
02.01.01.10	Piquetagem definitiva		
02.01.01.10.01	Piquetagem definitiva em estaca perfil UNP100	un	16.00
02.01.01.11	Carga, transporte e descarga de materiais de via		
02.01.01.11.01	Travessas incluindo peças de ligação e fixação		
02.01.01.11.01.01	Travessas de madeira de pinho equipadas com fixações "Nabla"	un	
02.01.01.11.01.02	Travessas de madeira azobé equipadas com fixações "Vossloh"	un	18.00
02.02	Troço entre os pks 88+015 a 88+488		
02.02.01	Via		
02.02.01.01	Levantamento de travessas de betão	un	
02.02.01.02	Assentamento de Via, Incluindo Transporte e Descarga	m	473.00
02.02.01.03	Soldadura Aluminotérmica	Un	8.00
02.02.01.04	Desguarnecimento em via corrente		
02.02.01.04.01	Desguarnecimento sem depuração de balastro (reciclar em sub-balastro)	m	473.00
02.02.01.04.02	Desguarnecimento com depuração de balastro	m	
02.02.01.05	Fornecimento, transporte, descarga e regularização de balastro.	m3	675.00
02.02.01.06	Ataque definitivo em via corrente	m	473.00
02.02.01.07	Esmerilagem preventiva	m	473.00
02.02.01.08	Fornecimento, transporte e implantação de postes quilométricos	un	
02.02.01.09	Fornecimento, transporte e implantação de marcos hectométricos em betão	un	4.00
02.02.01.10	Piquetagem definitiva		
02.02.01.10.01	Piquetagem definitiva em estaca perfil UNP100	Un	17.00
02.02.01.11	Carga, transporte e descarga de materiais de via		
02.02.01.11.01	Travessas incluindo peças de ligação e fixação		
02.02.01.11.01.01	Travessas de madeira de pinho equipadas com fixações "Nabla"	un	333.00
02.02.01.11.01.02	Travessas de madeira azobé equipadas com fixações "Vossloh"	un	457.00

ANEXO IV

– Definição de Preços Unitários

DEFINIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS

02. SUPER-ESTRUTURA DE VIA-FÉRREA

02.XX. TROÇO ENTRE OS PKS 87+810 A 88+015 E 88+488 A 88+801

02.XX.01 VIA

02.XX.01.01 LEVANTAMENTO DE TRAVESSAS DE BETÃO

Preço, por unidade de travessa a levantar em via corrente. Este preço contempla:

- Marcação prévia do local onde se pretende retirar as travessas, para aprovação pela Fiscalização;
- Desaperto da fixação e substituição da travessa;
- Preparação se necessário da mesa da travessa permitindo uma inclinação adequada à mesa de rolamento dos carris;
- Carga, transporte e descarga em local a designar pelo Dono de Obra das travessas levantadas;
- Todos os meios necessários de forma a realizar as movimentações do material desde o local da obra até à sua colocação em stock, sendo o seu stock efetuado conforme indicação da REFER.
- As quantidades serão medidas no local.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, dos recibos de entrega, de todos os materiais, emitidos pelo órgão competente da REFER.

02.XX.01.02.ASSENTAMENTO DE VIA

Preço, por metro linear de via simples, de assentamento da superestrutura da via (exceto AMVs, ADs, ACs e soldaduras). Este preço contempla a realização de todas as

operações necessárias à sua colocação em serviço conforme definido nas peças de projeto, nomeadamente:

- Montagem de todos os elementos constituintes da superestrutura da via, com exceção do balastro, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Regularização da plataforma se necessário;
- Lubrificação das barretas de ligação e dos parafusos das juntas, quando existam;
- Corte a oxiacetileno ou por outros meios aceites pela REFER/Fiscalização, onde for necessário para a realização dos trabalhos;
- Cortes e furações necessários ao fecho da via, bem como a colocação de “Cs” de ligação;
- Colocação de fechos mistos, quando necessário;
- Colocação de fiadores de continuidade temporários, se necessário;
- Os ataques de enchimento necessários para colocar a via à cota – 20mm, em relação à rasante de projeto, incluindo estabilização dinâmica e otimização de traçado, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Regularização do balastro, após cada operação de descarga;
- Limpeza do balastro remanescente, na zona do carril e fixações, pedais de via e balizas do CONVEX, após cada operação de descarga;
- Regularização de barras, em ambas as filas, segundo as especificações da NT4/b, e Condições Técnicas Gerais;
- A alteração do espaçamento das travessas, que será de 67cm, na zona das balizas variáveis do Sistema CONVEX, por forma a que as mesmas possam ser retiradas sem necessidade de remoção do balastro;

- Limpeza e remoção a vazadouro de todos os produtos sobranes;
- O fornecimento e montagem dos sinais provisórios e definitivos da velocidade máxima permitida às circulações, no sentido normal da circulação e contravia;
- A colocação do “A” de apeadeiro e do “S” de silvar, em número de 4 por apeadeiro;
- Auscultação ultra-sónica da totalidade dos carris, após o ataque definitivo, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Todos os trabalhos de topografia, necessários à materialização do projeto, incluindo o fornecimento e colocação dos suportes de piquetagem provisória.

NOTA: Os sinais provisórios de velocidade têm exatamente as mesmas características de concepção e instalação dos sinais definitivos.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o **Plano de Inspeção e Ensaio**.

02.XX.01.03.SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA

Preço de uma soldadura de junta de carris, de qualquer tipo, perfil e comprimento, executada em via corrente, para regularização de barras, em ADs ou fechos mistos, pelo processo aluminotérmico com pré-aquecimento, curto ou normal, desde que homologado pela REFER, e segundo as Normas Técnicas referidas em Condições Técnicas Gerais. Este preço contempla:

- O fornecimento do conjunto;
- Desmonte das barretas e parafusos da junta, se necessário, e reconstituição do conjunto, para posterior entrega;
- Desguarnecimento a zero das travessas e seu deslocamento, se necessário, a fim de permitir a colocação dos moldes;
- Os cortes necessários à preparação dos topos para execução da soldadura;
- Execução da soldadura propriamente dita, incluindo todas as operações acessórias e complementares, necessárias à sua correta realização;
- Recolocação das travessas na posição correta e reaperto da respectiva fixação, se necessário;
- Regularização e limpeza do balastro, nomeadamente no vão desguarnecido;
- Corte de todas as rebarbas e material sobranete das soldaduras, na cabeça, alma e patilha do carril, as quais têm de ser retiradas;
- A verificação de cada soldadura por ultra-sons;
- A verificação da geometria de cada soldadura, conforme previsto em Condições Técnicas Gerais;
- Limpeza e remoção a vazadouro de todos os produtos sobranetes.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à Qualidade e **Plano de Inspeção e Ensaios**.

02.XX.01.04.DESGUARNECIMENTO EM VIA CORRENTE

02.XX.01.04.01. DESGUARNECIMENTO SEM DEPURAÇÃO

Preço, por metro linear de via simples, de desguarnecimento, até atingir a cota de (-) 30cm, em relação à face inferior das travessas, na prumada do carril da fila baixa, qualquer que seja o estado do balastro, ou natureza geológica, desde o eixo da entrevista e na largura suficiente de modo a compreender toda a banquetta de balastro. Este preço contempla:

- Remoção, carga, transporte e descarga dos detritos em local a acordar com a Fiscalização para que sejam reciclados/transformados em sub-balastro;
- Realização da inclinação transversal da superfície de corte definida no projeto, com o mínimo de 3%;
- Realização das rampas de disfarce, incluindo descarga de balastro e ataque;
- Ataque subsequente para permitir a passagem das circulações a 60 km/h.

NOTA: Este preço só é aplicável quando executado com desguarnecedora-crivadora pesada de via, em caso contrário será considerado e pago ao preço de escavação em solo de qualquer natureza.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.04.02. DESGUARNECIMENTO COM DEPURAÇÃO

Preço, por metro linear de via simples, de desguarnecimento, até atingir a cota de (-) 30 cm, em relação à face inferior das travessas, na prumada do carril da fila baixa, qualquer que seja o estado do balastro, ou natureza geológica, desde o eixo da entrelva e na largura suficiente de modo a compreender toda a banqueta de balastro. Este preço contempla:

- Remoção, carga, transporte e descarga dos detritos em local a acordar com a Fiscalização;
- Depuração e crivagem do balastro;
- Realização da inclinação transversal da superfície de corte definida no projeto, com o mínimo de 3%;
- Eventual fornecimento de balastro (se necessário, após utilização do balastro depurado, para se atingirem as cotas de projeto);
- Carga, transporte e todas as operações referentes à colocação do balastro em obra, segundo as Normas Técnicas em vigor na REFER, nomeadamente NT 3/b;
- Materialização do perfil transversal;
- Limpeza do balastro remanescente, na zona do carril e fixações, pedais de via e balizas do CONVEL, após cada operação de descarga.

NOTA: Este preço só é aplicável quando executado com desguarnecedora-crivadora pesada de via, em caso contrário será considerado e pago ao preço de escavação em solo de qualquer natureza.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.05.FORNECIMENTO, DESCARGA E REGULARIZAÇÃO DE BALASTRO

É o preço por m³ de balastro, considerando-se incluído o seu fornecimento, transporte, descarga e regularização. Este preço aplica-se para qualquer tipo de linha ou travessas, plena via ou estações, aparelhos de via ou túneis e contempla:

Todas as operações referentes à colocação do balastro em obra segundo as Normas Técnicas em vigor na REFER, nomeadamente NT 3/b;

- Materialização do perfil transversal tipo;
- Os encargos com os ensaios adicionais, exigidos pela Fiscalização, para comprovação da Qualidade do balastro que deve estar de acordo com a Norma IT.GEO.001.02 – REFER – Fornecimento de balastro e gravilha;
- Limpeza do balastro remanescente, na zona do carril e fixações, pedais de via e balizas do CONVEL, após cada operação de descarga.

O balastro será pago pelo valor correspondente à medição dos perfis transversais.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.06.ATAQUE DEFINITIVO EM VIA CORRENTE

Preço, por metro linear de via simples, de ataque, alinhamento e nivelamento definitivos, efetuado após a Regularização de Barras, que coloca a Via nas cotas de projeto. Este preço contempla:

- Estabilização Dinâmica da Via em cada ataque;
- Estudo de otimização de traçado em cada levante, que terá que ser apresentado à Fiscalização para aprovação, conforme previsto em Condições Técnicas Gerais;
- A execução das rampas de disfarce, sempre que necessário;
- A graficagem obrigatória após cada ataque, dos parâmetros geométricos de via, conforme previsto em Condições Técnicas Gerais;
- A graficagem do trabalho da Estabilizadora, após cada passagem desta máquina, conforme previsto em Condições Técnicas Gerais;
- Regularização do balastro, após cada operação de descarga;
- Limpeza do balastro remanescente, na zona do carril e fixações, pedais de via e balizas do CONVEL, após cada operação de descarga;
- Manutenção do espaçamento de 67 cm entre travessas na zona das balizas variáveis do CONVEL;
- A verificação da catenária e ajuste em conformidade com a velocidade de circulação prevista para o fim do período de trabalho;
- Entrega de documento que demonstre a posição altimétrica da via, em relação à rasante de projeto, de 50 em 50 metros;
- O ataque complementar, a efetuar antes da Receção Definitiva, para correção dos defeitos que se encontrem fora das tolerâncias previstas na Norma IT.VIA.0.18.02 – REFER – “Tolerância dos parâmetros geométricos de via”, capítulo 4.5 “Tolerâncias para receção de trabalhos”

para a classe correspondente à velocidade de projeto no trecho em causa.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o **Plano de Inspeção e Ensaios**.

02.XX.01.07.ESMERILAGEM PREVENTIVA

Preço, por metro linear de via simples, de esmerilagem preventiva. Este preço contempla:

- A esmerilagem das duas filas de carril;
- A entrega prévia de documento comprovativo de que os parâmetros geométricos da via se encontram dentro das tolerâncias de receção;
- A entrega de documento comprovativo de que a quantidade de material retirado se encontra entre 0.20 e 0.30 mm;
- A entrega prévia de documento comprovativo de que a geometria das soldaduras se encontra dentro das tolerâncias estabelecidas em Condições Técnicas de Via;
- A entrega à Fiscalização, após cada período de trabalho, de um modelo de registo contendo a descrição do trabalho efetuado, nomeadamente:
 - Máquina utilizada;
 - O número de passagens efetuadas;
 - A velocidade de avanço e as pressões utilizadas;
 - A especificação das mós ou pedras utilizadas;
 - A técnica de orientação das mós que empregou.

- A entrega dos gráficos contínuos identificativos do trabalho realizado e da Qualidade do mesmo, conforme previsto em Condições Técnicas Gerais;
- A proteção dos pedais de via.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.08.FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE POSTES QUILOMÉTRICOS

É o preço por unidade de poste quilométrico. Este preço contempla:

- O seu fornecimento, transporte e implantação no terreno, no local previsto no Projecto;
- A execução do maciço de fundação, em betão pobre, conforme definido nos desenhos em vigor na REFER;
- Regularização final do passeio, na zona movimentada para colocação da estaca;
- Pintura conforme previsto em Condições Técnicas de Via.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.09.FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE MARCOS HECTOMÉTRICOS

É o preço por unidade de marco hectométrico. Este preço contempla:

- O seu fornecimento, transporte e implantação no terreno, por simples encastramento na plataforma, no local previsto no Projeto;
- Regularização final do passeio, na zona movimentada para colocação da estaca;
- Pintura conforme previsto em Condições Técnicas de Via.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.10. PIQUETAGEM DEFINITIVA

02.XX.01.10.01. PIQUETAGEM DEFINITIVA (ESTACAS U100)

É o preço por unidade de estaca de piquetagem definitiva. Este preço contempla:

- Fornecimento, transporte e implantação de estaca em perfil UNP100, para piquetagem definitiva da Via, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Corte a 30° para encastramento da estaca;
- Pintura de marcações, e marca a punção, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Corte do terreno e colocação da estaca às cotas de projeto;
- A execução do maciço de fundação, com betão C25, com as dimensões de 0.30 x 0.30 x 0.40;

- Regularização final do passeio, na zona movimentada para colocação da estaca.

NOTA: O comprimento das estacas é função da situação a que se destina – recta ou curva – dependendo da escala da Via.

O Adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

A faturação relacionada com esta atividade, só será processada após a apresentação, à Fiscalização, de todos os documentos relativos à conformidade com o Plano de Inspeção e Ensaios.

02.XX.01.11.CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAIS DE VIA

02.XX.01.11.01.TRAVESSAS INCLUINDO PEÇAS DE LIGAÇÃO E FIXAÇÃO

02.XX.01.11.01.01.TRAVESSAS DE MADEIRA DE PINHO EQUIPADAS COM FIXAÇÕES "NABLA"

Preço por travessa de madeira compreendendo nomeadamente:

- Carga, transporte, descarga e arrumação das travessas e fixações por lotes em estaleiro;
- Colocação das fixações nas travessas e carregamento destas sobre vagão conforme o plano de carga;
- Amarração da carga ao vagão conforme as indicações da Fiscalização.
- As travessas serão entregues no estaleiro para descarga e stockagem em vagões plataforma ou em vagões de bordas altas tipo Ov;
- O carregamento de travessas equipadas far-se-á sobre vagões plataforma que permitem o acondicionamento em altura de três fiadas de travessas.

- Todos os meios necessários de forma a realizar as movimentações do material desde o seu local de stock até à sua colocação sobre o meio de transporte a utilizarem.
- Todos os meios necessários por forma a realizar as movimentações do material desde o meio de transporte utilizado até ao seu local de stock, sendo o seu stock efetuado por lotes conforme indicação da REFER.
- As quantidades serão medidas no local.

**02.XX.01.11.01.02.TRAVESSAS DE MADEIRA AZOBÉ EQUIPADAS COM FIXAÇÕES
"VOSSLOH"**

Idem, ao item anterior para travessas de madeira azobé com fixações "Vossloh"

ANEXO V

– Estimativa Orçamental

**REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DO TÚNEL DO LOUREIRO -
CRIAÇÃO DE CONDIÇÕES PARA A SUA ELECTRIFICAÇÃO
VIA**

ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

Código	Designação dos Trabalhos	Unid.	Quant.	P. Unit.	P. Total
02	SUPER-ESTRUTURA DE VIA-FÉRREA				€ 146 281.10
02.01	Troço entre os pks 87+810 a 88+015 e 88+488 a 88+801				
02.01.01	Via				
02.01.01.01	Levantamento de travessas de betão	un	18.00	15.00 €	270.00 €
02.01.01.02	Assentamento de via, incluindo transporte e descarga	m	517.54	70.00 €	36 227.52 €
02.01.01.03	Soldadura Aluminotérmica	un	12.00	330.00 €	3 960.00 €
02.01.01.04	Desguarnecimento em via corrente				
02.01.01.04.01	Desguarnecimento sem depuração de balastro (reciclar em sub-balastro)	m		14.00 €	
02.01.01.04.02	Desguarnecimento com depuração de balastro	m	517.54	25.00 €	12 938.40 €
02.01.01.05	Fornecimento, transporte, descarga e regularização de balastro.	m3		40.00 €	
02.01.01.06	Ataque definitivo em via corrente	m	517.54	7.00 €	3 622.75 €
02.01.01.07	Esmerilagem preventiva	m	517.54	12.00 €	6 210.43 €
02.01.01.08	Fornecimento, transporte e implantação de postes quilométricos	un	1.00	85.00 €	85.00 €
02.01.01.09	Fornecimento, transporte e implantação de marcos hectométricos em betão	un	5.00	85.00 €	425.00 €
02.01.01.10	Piquetagem definitiva				
02.01.01.10.01	Piquetagem definitiva em estaca perfil UNP100	un	16.00	43.00 €	688.00 €
02.01.01.11	Carga, transporte e descarga de materiais de via				
02.01.01.11.01	Travessas incluindo peças de ligação e fixação				
02.01.01.11.01.01	Travessas de madeira de pinho equipadas com fixações "Nabla"	un		3.00 €	
02.01.01.11.01.02	Travessas de madeira azobé equipadas com fixações "Vossloh"	un	18.00	3.00 €	54.00 €
02.02	Troço entre os pks 88+015 a 88+488				
02.02.01	Via				
02.02.01.01	Levantamento de travessas de betão	un		15.00 €	
02.02.01.02	Assentamento de Via, Incluindo Transporte e Descarga	m	473.00	70.00 €	33 110.00 €
02.02.01.03	Soldadura Aluminotérmica	Un	8.00	330.00 €	2 640.00 €
02.02.01.04	Desguarnecimento em via corrente				
02.02.01.04.01	Desguarnecimento sem depuração de balastro (reciclar em sub-balastro)	m	473.00	14.00 €	6 622.00 €
02.02.01.04.02	Desguarnecimento com depuração de balastro	m		25.00 €	
02.02.01.05	Fornecimento, transporte, descarga e regularização de balastro.	m3	675.00	40.00 €	27 000.00 €
02.02.01.06	Ataque definitivo em via corrente	m	473.00	7.00 €	3 311.00 €
02.02.01.07	Esmerilagem preventiva	m	473.00	12.00 €	5 676.00 €
02.02.01.08	Fornecimento, transporte e implantação de postes quilométricos	un		85.00 €	
02.02.01.09	Fornecimento, transporte e implantação de marcos hectométricos em betão	un	4.00	85.00 €	340.00 €
02.02.01.10	Piquetagem definitiva				
02.02.01.10.01	Piquetagem definitiva em estaca perfil UNP100	Un	17.00	43.00 €	731.00 €
02.02.01.11	Carga, transporte e descarga de materiais de via				
02.02.01.11.01	Travessas incluindo peças de ligação e fixação				
02.02.01.11.01.01	Travessas de madeira de pinho equipadas com fixações "Nabla"	un	333.00	3.00 €	999.00 €
02.02.01.11.01.02	Travessas de madeira azobé equipadas com fixações "Vossloh"	un	457.00	3.00 €	1 371.00 €