



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Modernização da Linha do Minho – Troço Nine / Viana do Castelo, incluindo Estações Técnicas**

**BRUNO MIGUEL NUNES DE ALMEIDA LOPES**  
(Licenciado em Engenharia Civil)

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

**Orientador (es):**

Licenciado Especialista Armando do Carmo Martins

Licenciado Miguel Ângelo Reis de Sousa

**Júri:**

Presidente: Doutor Paulo José de Matos Martins

Vogais:

Doutor Henrique Borges de Miranda

Licenciado Especialista Armando do Carmo Martins

**Março de 2019**



## AGRADECIMENTOS

O maior agradecimento vai para os meus pais, um obrigado pela sua amizade e carinho nunca chegará. Mesmo com diversas adversidades permitiram que eu tivesse acesso aquilo que eles nunca tiveram, dando-me assim um enorme prazer de concretizar um sonho, estudar.

Um reconhecimento especial onde presto a minha gratidão às instituições que permitiram o desenvolvimento deste relatório de estágio, em particular à organização Somafel.

Aos meus orientadores, Eng. Armando Martins e Eng. Miguel Ângelo, um forte abraço e um grande obrigado pela vossa compreensão e apoio na elaboração deste documento e por toda a transmissão de conhecimento. Um sentido agradecimento ao coordenador de grupo de obras, Eng. Rui Rodrigues, tendo este sido um grande mentor de engenharia.

Ao Eng. Eduardo Ferreira, Eng. Paulo Costa, Dra. Mónica Leal, Eng. Raúl Válega, Eng. Ivone Quirino, Eng. Elizabeth Dias, Dr. Vitor Gomes, Eng. António Mota, Eng. Paulo Meireles, Eng. João Valério, Eng. João Barbosa, Eng. António Almeida, Sr. José Couchinho e Sr. Alfredo Vicente pela partilha de experiência e pelo companheirismo prestado.

Aos encarregados Sr. Manuel Loureiro, Sr. Jorge Faria, Sr. José António, Sr. José Soares, Sr. Luís Leitão. Sr. Hélder Branco e Sr. Samuel Marques, pela disponibilidade e conhecimento prático transmitido no decorrer na empreitada, e ainda por toda a boa disposição ao longo das interdições.

Aos meus amigos que sempre me acompanharam neste longo e desafiante percurso com uma grande disponibilidade e paciência, sendo estes sem dúvida alguma um grande “ pilar” na minha vida.

Particularmente, presto a toda a minha família um especial agradecimento, que ao longo do período de elaboração deste documento bem como ao longo de toda a vida me apoiaram emocionalmente e inestimavelmente

A todos, que de alguma forma partilharam o meu decurso académico e o principar da minha vida profissional, o meu muito obrigado!



---

## RESUMO

O presente documento enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado (TFM), sendo que o mesmo está associado à produção de um Relatório de Estágio, que tem como objetivo a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, na área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes.

O relatório em apreço, suportado num estágio com a duração de 6 meses, realizado na empresa, SOMAFEL – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A., traduz no essencial o acompanhamento da empreitada de *“Eletrificação da Linha do Minho entre Nine e Viana do Castelo, inclusive, incluindo Estações Técnicas”*.

A empreitada em questão, está diretamente ligada ao plano de investimentos ferroviários que tem vindo a ser implementado ao longo de toda a Rede Ferroviária Nacional, nomeadamente, no corredor Eixo Atlântico, e contempla a Eletrificação e Reabilitação da Linha do Minho entre Nine e Valença-Fronteira, sendo que esta intervenção se encontra alinhada com os objetivos nacionais de reforço estratégico da ligação ferroviária Porto-Vigo, conforme reafirmando nas cimeiras Luso-Espanholas realizadas em 2012, 2013 e 2014.

O investimento na Linha do Minho tem como principal meta a criação de condições para tornar o transporte ferroviário mais competitivo na ligação a Espanha e nas ligações inter-regionais do grande Porto com o Minho Litoral, passando estas metas pela melhoria das condições de operação da linha, reduzindo os tempos de percurso, aumentando as condições de conforto e segurança, bem como a redução de custos operacionais e de manutenção ao longo da vida útil desta infraestrutura.

De entre as diversas atividades previstas na referida empreitada de modernização, considerou-se que no presente documento deveriam ser desenvolvidas algumas matérias específicas próprias da engenharia ferroviária. Desta forma deu-se destaque aos trabalhos de natureza estritamente ferroviária, em particular ao faseamento construtivo das três estações técnicas que integram este troço, bem como à necessidade de conjugação entre os Trabalhos de Via e os inerentes às Instalações Fixas de Tração Elétrica (IFTE).

Relativamente à conjugação e compatibilização dos trabalhos entre estas duas especialidades, de elevada importância em linhas com tração elétrica, situação que assume ainda maior importância em linhas em exploração, como é o caso, entendeu-se que esta matéria deveria ter um tratamento preferencial ao nível do caso de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Linha do Minho, Via Férrea, Catenária, Eletrificação, Construção Civil, Estações Técnicas.



---

**ABSTRACT**

The present study regards the Master of Science Dissertation (*TFM*), which has been done within an Internship Report, with the main goal of obtaining a Master of Science degree in Civil Engineering (Roads and Transportation).

This report, supported by a six month internship carried out in the company *SOMAFEL – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.*, consisting in monitoring of the construction project “*Eletrificação da Linha do Minho entre Nine e Viana do Castelo, inclusive, incluindo Estações Técnicas*”.

This construction project is directly connected to the investment plan that has been implemented in the National Railway Network, namely in the Eixo Atlântico corridor, includes the Electrification and Rehabilitation of the Minho line between Nine and Valença-Border, being this intervention in line with the national objectives of strategic reinforcement for the Porto-Vigo railway connection, as reaffirmed in the Luso-Espanholas summits held in 2012, 2013 and 2014.

The main goal of this Minho line investment is to create conditions that render the rail travel more competitive in the connection to Spain and in the interregional connections of the Grande Porto with the coastal Minho, as an improvement in the line operation conditions, decreasing travel times, enhancing the comfort and safety, as well as reducing the maintenance operational costs throughout the service life of this infrastructure.

Among the several scheduled activities in the modernization project, it was considered in the present document that a special attention should be given to some specific subjects of railway engineering. Therefore, emphasis was put into works with a strictly railway nature, inherent to a phased construction, namely in the three technical stations that integrate this railway section, as well as the need of combination between the rail works and the works inherent to stationary installations of Electrical Traction.

Regarding the combination and compatibility of the works between these two specialties, of high importance in tracks with electrical traction, especially in tracks under exploration, which is the case, it was considered that this subject should have a preferential treatment at the case study level.

**KEY-WORDS:** *Minho* Line; Rail Track, Overhead Contact Line; Electrification, Civil Construction Industry Technical Stations



---

**ÍNDICE GERAL**

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivo e Metodologia .....	2
1.3 Estrutura .....	3
<b>2. O ESTÁGIO NA EMPRESA SOMAFEL .....</b>	<b>5</b>
2.1 A Empresa SOMAFEL – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A. ....	5
2.2 O Estágio .....	7
<b>3. O PROJETO .....</b>	<b>11</b>
3.1 Enquadramento .....	11
3.2 Via férrea .....	13
3.2.1 Características gerais da via férrea.....	13
3.2.2 Pressupostos e condicionantes.....	15
3.2.3 Rebaixamento de via.....	16
3.2.3.1 Rebaixamento de via sob a PS ao PK 43+026.....	16
3.2.3.2 Rebaixamento de via sob as PS ao PK 82+246, PK 82+362 e PK 82+440 .....	17
3.2.4 Implementação de linhas para cruzamento de comboios.....	18
3.2.4.1 Estação Técnica de Midões .....	18
3.2.4.2 Estação Técnica de Barrocelas .....	19
3.2.4.3 Estação Técnica de Darque.....	21
3.2.5 Regularização de traçado .....	23
3.2.6 Simplificação de <i>layouts</i> .....	24
3.3 Instalações fixas de tração elétrica .....	24
3.3.1 Características gerais da instalação .....	24
3.3.2 Pressupostos e condicionantes.....	26
3.3.2.1 Fundação dos postes de catenária .....	26
3.3.2.2 Túneis.....	27
3.3.2.3 Pontes e viadutos.....	27
3.3.2.4 Passagens superiores e atravessamentos aéreos .....	29
3.3.3 Esquema elétrico.....	32
3.3.3.1 Instalação de seccionamentos de lâmina de ar .....	32
3.3.3.2 Telecomando de seccionadores .....	32
3.3.3.3 Ligação da SST de Vila Fria à catenária .....	33
3.3.3.4 Instalação de postos de autotransformador.....	33
3.3.3.5 Instalação de zonas neutras .....	33
3.3.3.6 Transformadores de Alimentação .....	35
3.3.4 Retorno de corrente de tração, terras e proteção .....	35

---

3.4	Construção civil .....	35
3.4.1	Alteamento de plataformas de passageiros e acessibilidades .....	35
3.4.2	Terraplenagem e drenagem .....	36
3.4.2.1	Terraplenagem .....	36
3.4.2.2	Drenagem .....	37
3.4.3	Estabilização de taludes .....	37
3.4.4	Reabilitação de túneis .....	38
3.4.5	Estruturas de contenção .....	38
3.4.6	Caminho de cabos e sinalização .....	39
3.4.6.1	Caminho de cabos .....	39
3.4.6.2	Sinalização .....	39
<b>4.</b>	<b>A EMPREITADA .....</b>	<b>41</b>
4.1	Pressupostos e condicionalismos .....	41
4.1.1	Ferrovíarios, rodoviários e pedonais .....	42
4.1.2	Acessos e espaços .....	43
4.1.3	Orográficos, climatéricos e hidráulicos .....	43
4.1.4	Estruturas existentes .....	44
4.1.5	Redes de serviços existentes .....	45
4.1.6	Arqueológicos .....	45
4.1.7	Condicionalismos técnicos e operacionais .....	47
4.2	Organização da empreitada .....	47
4.2.1	Equipa técnica .....	48
4.2.2	Estaleiro .....	51
4.2.3	Preparação de obra .....	51
4.2.4	Aprovisionamentos .....	53
4.2.4.1	Via férrea .....	53
4.2.4.2	Catenária .....	54
4.2.4.3	Construção civil .....	54
4.3	Faseamento construtivo da especialidade de via férrea .....	55
4.3.1	Considerandos iniciais .....	55
4.3.2	Rebaixamento de via em São Miguel da Carreira .....	56
4.3.3	Rebaixamento de via em Viana do Castelo .....	56
4.3.4	Estação técnica de Darque .....	57
4.3.5	Estação técnica de Midões .....	60
4.3.6	Estação técnica de Barroselas .....	62
4.3.7	Considerações finais .....	64
<b>5.</b>	<b>CASO DE ESTUDO: COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE VIA FÉRREA E INSTALAÇÕES FIXAS DE TRACÇÃO ELÉTRICA .....</b>	<b>67</b>

5.1	Enquadramento .....	67
5.2	Via férrea .....	67
5.2.1	Piquetagem inicial .....	70
5.2.2	Transporte e descarga de carril novo .....	71
5.2.3	Levantamento de via existente.....	71
5.2.4	Desguarnecimento de via.....	72
5.2.5	Assentamento de via.....	74
5.2.6	Transporte e descarga de balastro .....	76
5.2.7	Ataques e regularização de balastro.....	77
5.2.8	Assentamento de AMV e ataque mecânico .....	79
5.2.9	Execução de soldaduras e auscultação ultrassónica .....	81
5.2.10	Juntas isolantes.....	84
5.2.11	Estabilização dinâmica.....	86
5.2.12	Regularização de barras .....	87
5.2.13	Esmerilagem preventiva.....	88
5.2.14	Piquetagem definitiva .....	90
5.2.15	Veículo de inspeção EM 120.....	90
5.3	Instalações fixas de tração elétrica .....	91
5.3.1	Piquetagem inicial, escavação e betonagem de maciços .....	93
5.3.2	Montagem e selagem de postes .....	94
5.3.3	Montagem de espias e amarrações .....	95
5.3.4	Montagem de consolas .....	96
5.3.5	Montagem das aparelhagens elétricas .....	97
5.3.6	Desbobinagem de cabos.....	99
5.3.7	Pendulagem e regulação .....	102
5.3.8	Ligações de equipamentos elétricos .....	104
5.3.9	Verificações e ensaios .....	106
5.4	Considerações Finais .....	107
5.4.1	Modernização de troço de linha não eletrificada, para exploração em modo não eléctrico 107	
5.4.2	Modernização de uma linha, incluindo a instalação de IFTE.....	108
5.4.3	Construção de uma nova linha para exploração em modo eléctrico.....	110
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>113</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>117</b>



---

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2-1 Cronograma temporal das atividades realizadas no estágio .....	7
Tabela 3-1 <i>Gabarito</i> vertical das PS's no troço Nine/Viana do Castelo [11].....	30
Tabela 3-2 Localização dos postos autotransformadores e zona neutra [11] .....	33
Tabela 3-3 Localização das estruturas de contenção [14].....	39
Tabela 4-1 Estruturas existentes ao longo do troço Nine/Viana do Castelo [8].....	44
Tabela 4-2 Interdições alargadas das zonas a intervir [8].....	55



**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 2-1 Parque oficial de Carregal do Sal [7] .....	6
Figura 2-2 Organograma funcional e normativo da empreitada .....	8
Figura 3-1 Diretório da Rede Ferroviária Nacional, Linha do Minho [Adaptado de 27] .....	11
Figura 3-2 Esboço corográfico do troço Nine/Viana do Castelo [8] .....	12
Figura 3-3 Zona de rebaixamento na PSR ao PK 43+026 em São Miguel da Carreira .....	16
Figura 3-4 Representação esquemática da estação técnica de Midões .....	18
Figura 3-5 Estado inicial do apeadeiro de Midões .....	18
Figura 3-6 Representação esquemática da estação técnica Barroselas.....	19
Figura 3-7 Estação técnica Barroselas .....	20
Figura 3-8 Representação esquemática da estação técnica de Darque .....	22
Figura 3-9 Estação técnica de Darque.....	22
Figura 3-10 Exemplo de montagem de suspensão elástica em túnel de via única [11].....	27
Figura 3-11 Solução de fixação no viaduto da A11 [11] .....	28
Figura 3-12 Solução de fixação no viaduto de Durrães [11].....	28
Figura 3-13 Solução de eletrificação na secção fechada da ponte Eiffel [11] .....	29
Figura 3-14 Zona com muros no acesso a estação de Viana do Castelo .....	29
Figura 3-15 PSR ao PK 76+915 em Darque.....	31
Figura 3-16 Posto de catenária da ZN de Nine.....	34
Figura 4-1 Aparelho de mudança de via eclissado .....	58
Figura 4-2 Faseamento construtivo da estação técnica de Darque .....	59
Figura 4-3 Faseamento construtivo da estação técnica de Midões.....	62
Figura 4-4 Faseamento construtivo da estação técnica de Barroselas .....	64
Figura 5-1 Constituintes da via férrea [26] .....	67
Figura 5-2 Piquetagem inicial para assentamento de via .....	70
Figura 5-3 Descarga de barras de carril.....	71
Figura 5-4 Levantamento de tramo de via .....	72
Figura 5-5 Desguarnecimento de via do tipo mecânico ligeiro .....	73
Figura 5-6 Desguarnecedora mecânica pesada [18] .....	73
Figura 5-7 Execução de lâmina de balastro.....	74
Figura 5-8 Distribuição de travessas sobre a lâmina de balastro .....	75
Figura 5-9 Barras de carril com as respetivas fixações .....	76
Figura 5-10 Ligação provisória de barras por meio de "cês" de ligação.....	76
Figura 5-11 Comboio balastreiro .....	77
Figura 5-12 Ataque mecânico pesado .....	78

---

Figura 5-13 Regularização de balastro .....	79
Figura 5-14 Pré-montagem de AMV e respetivo assentamento .....	80
Figura 5-15 Assentamento de AMV travessa a travessa .....	80
Figura 5-16 Ataque mecânico em ramo desviado de AMV [18].....	81
Figura 5-17 Execução de soldadura elétrica [18].....	82
Figura 5-18 Aplicação do molde refratário .....	83
Figura 5-19 Colocação do cadinho sobre o molde refratário .....	83
Figura 5-20 Descabeçamento do carril com recurso a guilhotina automática .....	84
Figura 5-21 Reperfilamento da cabeça do carril com esmeriladora ligeira .....	84
Figura 5-22 Execução de junta isolante .....	85
Figura 5-23 Estabilizadora dinâmica .....	86
Figura 5-24 Tensionamento hidráulico da BLS .....	88
Figura 5-25 Esmeriladora de carris [18] .....	89
Figura 5-26 Veículo de inspeção de infraestruturas ferroviárias EM 120 [18] .....	91
Figura 5-27 Representação esquemática do sistema elétrico [19] .....	91
Figura 5-28 Piquetagem de implantação de poste de catenária.....	93
Figura 5-29 Fundação do maciço de catenária .....	94
Figura 5-30 Poste de catenária selado .....	95
Figura 5-31 Tensionamento dos cabos ligados ao aparelho tensor [18] .....	96
Figura 5-32 Montagem de consola dupla.....	97
Figura 5-33 Montagem e ligação de aparelhagem elétrica.....	98
Figura 5-34 Desbobinagem do cabo de <i>feeder</i> .....	100
Figura 5-35 Lançamento de cabos condutores.....	102
Figura 5-36 Regulação de consola .....	103
Figura 5-37 Montagem de isolador de secção na ZN .....	104
Figura 5-38 Seccionador .....	105
Figura 5-39 Verificações com veículo de conservação de catenária (VCC).....	106
Figura 5-40 Planeamento de modernização de troço de linha não eletrificado.....	107
Figura 5-41 Planeamento de eletrificação de um troço de linha ferroviária.....	109
Figura 5-42 Planeamento de uma nova linha para exploração em modo elétrico.....	110

---

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

**AD** – Aparelho de Dilatação

**AMV** – Aparelho de Mudança de Via

**APCER** – Agência Portuguesa de Certificação

**AT** – Aparelhos Tensores

**BLS** – Barra Longa Soldada

**CE** – Caderno de Encargos

**CIN** – Encurvamento de AMV com o ramo desviado para o interior

**CEX** – Encurvamento de AMV com o ramo desviado para o exterior

**CCP** – Código dos Contratos Públicos

**CAT** - Catenária

**CdTA** – Cabo de Terra Aéreo

**CdTE** – Cabo de Terra Enterrado

**CP** – Comboios de Portugal

**CS** – Cabo de Suporte

**EC** – Estrutura de Contenção

**EE** – Entre-Eixo

**EN** – *European Standard*

**EMM** – Equipamento de Medição e Monitorização

**EU** – *European Union*

**EV** – Entre-Via

**FC** – Fio de Contacto

**IET** – Instrução de Exploração Técnica

**IFTE** – Instalações Fixas de Tração Elétrica

**ILR** – Indicadores de Limite de Resguardo

**IP** – Infraestruturas de Portugal

**IPE** – Infraestruturas de Portugal Engenharia

**IPL** – Instituto Politécnico de Lisboa

**ISEL** – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

**ISO** – *International Organization for Standardization*

**ITV** – Instrução Técnica de Via

**IT** – Instrução Técnica

- JIC** – Junta Isolante Colada
- JIN** – Junta Isolante Normal
- MEEC** – Mota-Engil, Engenharia e Construção S.A.
- NP** – Norma Portuguesa
- OA** – Obras de Arte
- OFM** – OFM - Obras Públicas, Ferroviárias e Marítimas, S.A.
- OHSAS** – *Occupational Health and Safety Assessments Series*
- PCT** – Posto Central de Telecomando
- PI** – Passagem Inferior
- PIP** – Passagem Inferior Pedonal
- PIR** – Passagem Inferior Rodoviária
- PH** – Passagem Hidráulica
- PN** – Passagem de Nível
- PSR** – Passagem Superior Rodoviária
- PSP** – Passagem Superior Pedonal
- PK** – Ponto Quilométrico
- PPGRCD** – Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição
- PS** – Passagem Superior
- PIS** – Passagem Superior Rodoviária
- RCD** – Resíduos de Construção e Demolição
- RCT+TP** – Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteção
- RIV** – Renovação Integral de Via
- RGS** – Regulamento Geral de Segurança
- RFN** – Rede Ferroviária Nacional
- S.A.** – Sociedade Anónima
- Somafel** – SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.
- SLA** – Secionador de Lâmina de Ar
- SST** – Subestação de Tração
- STT** – Sistema de Terras Tradicional
- STU** – Sistema de Terras Universal
- TA** – Transformador de Alimentação
- TBBG** – Travessa bibloco
- TFM** – Trabalho Final de Mestrado
-

**TVM** – Tabela de Velocidade Máxima

**VCC** – Veículo de Conservação de Catenária

**XAV** – Cabo condutor em cobre rígido com isolamento em polietileno reticulado, armação em fitas de aço e bainha em termoplástico

**ZN** – Zona Neutra

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

O presente Trabalho Final de Mestrado (TFM) do curso de Engenharia Civil, na área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes, compreende um Relatório de Estágio Curricular, com uma duração de 6 meses, desenvolvido na organização, SOMAFEL – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.(Somafel), empresa que se encontra sediada em Porto Salvo.

O estágio foi desenvolvido na vertente de direção de obra, estando suportado no acompanhamento da empreitada: *“Eletrificação da Linha do Minho entre Nine e Viana do Castelo, inclusive, incluindo Estações Técnicas”*. O acompanhamento dos trabalhos incidiu essencialmente nas especialidades de Via Férrea, Instalações Fixas de Tração Elétrica (Catenária) e Construção Civil.

A Somafel caracteriza-se como uma empresa portuguesa de construção civil e obras públicas de carácter ferroviário, sendo as suas principais áreas de atuação a construção, renovação, manutenção e eletrificação tanto de vias ferroviárias convencionais como de alta velocidade, contemplando igualmente um departamento de estudos e projetos ferroviários, tendo a seu cargo inúmeros projetos de infraestruturas ferroviárias tanto a nível nacional como internacional.

Atualmente, em Portugal, a área ferroviária encontra-se em franco desenvolvimento devido ao plano de investimentos na Rede Ferroviária Nacional (RFN), o qual pretende promover a criação de valor para as empresas e economia do país, através da implementação de projetos transfronteiriços que integram a Rede Transeuropeia de Transportes [1].

Assim, esta estratégia contempla a execução de novos troços ferroviários de raiz, a modernização de infraestruturas ferroviárias existentes, e a supressão de diversos constrangimentos por forma a otimizar a infraestrutura [1].

O plano de investimento a realizar na ferrovia contempla uma elevada mobilização de fundos para o corredor Eixo Atlântico, nomeadamente para a Linha do Minho, a qual possibilita a ligação da RFN a Espanha, mais concretamente a ligação a Vigo. Desta forma, permite-se a utilização de tração elétrica no material circulante e prevê-se um aumento da capacidade de exportação de mercadorias [2].

A modernização da Linha do Minho, compreende a eletrificação e reabilitação do troço Nine / Valença-Fronteira, o qual se desenvolve entre o PK 39+400 e o PK 131+449 com uma extensão aproximada de 92 km em via única. Contudo, a empreitada em apreço apenas

engloba a modernização do troço entre Nine e Viana do Castelo, entre o PK 39+400 e o PK 83+800.

As intervenções a implementar visam essencialmente assegurar a exploração comercial com material circulante de tração elétrica, dotando este troço com estações de cruzamento, incluindo três estações técnicas<sup>1</sup> (Darque, Midões e Barroselas).

## 1.2 Objetivo e Metodologia

A indústria têm vindo a requerer profissionais dotados de conhecimento para o desempenho de diversas atividades nas áreas de atuação de uma dada organização, pelo que, com a realização de um estágio se considera possível aliar o conhecimento teórico adquirido em termos académicos, com o conhecimento prático obtido através da integração no tecido empresarial e assim possibilitar uma transição mais eficiente entre o ciclo de estudo e o mercado de trabalho propriamente dito.

Com a integração na equipa de direção de obra, as metas a atingir, passam pela interpretação dos diversos elementos de projeto e ainda pela aquisição de conhecimento efetivo no que se refere à implementação das inúmeras técnicas de execução dos trabalhos, sendo que decorrente da especificidade da intervenção não podem ser descartadas as áreas relativas à qualidade, segurança e ambiente.

O objetivo principal passa pelo acompanhamento e descrição metódica de todos os trabalhos a realizar na empreitada, sendo dado destaque aos trabalhos de via, instalações fixas de tração elétrica e construção civil, sendo ainda dado especial ênfase à necessidade de compatibilização entre os trabalhos de via e das referidas instalações elétricas que passarão a integrar a Linha do Minho, atualmente explorada com recurso a tração diesel.

Desta forma, para o desenvolvimento do presente documento, e tendo como base o projeto de execução da empreitada, considerou-se a implementação da seguinte metodologia:

- Análise de regulamentação técnica, nomeadamente, o CCP – Código dos Contratos Públicos, e a IET – Instrução de Exploração Técnica n.º 77, a qual especifica as diversas normas e procedimentos de segurança em trabalhos na infraestrutura [3], [4].
- Formação ministrada no âmbito dos caminhos de ferro, e das diversas políticas de gestão implementadas, sendo elas, “Infraestruturas Ferroviárias – Parâmetros de Via e Catenária” e “Direção de Obra – Síntese dos Principais Conceitos” [5], [6].

---

<sup>1</sup> Estações que sem obrigatoriedade de assegurar serviço comercial (passageiros) permitem o cruzamento de composições de mercadorias, neste caso até composições com 750 metros de comprimento.

- Estudo detalhado do Caderno de Encargos (CE), Programa de Concurso, bem como das cláusulas jurídicas gerais, especiais e particulares da presente empreitada.
- Abordagens aos sistemas de gestão da qualidade, ambiente e segurança.
- Realização de reuniões de acompanhamento com os orientadores.
- Acompanhamento dos trabalhos na frente de obra.
- Elaboração da componente escrita do relatório de estágio, analisando e relacionando as diversas informações recolhidas tanto em campo como bibliográficas.

### **1.3 Estrutura**

O presente documento considera seis capítulos, encontrando-se nos parágrafos seguintes uma descrição sucinta do seu conteúdo e objetivos.

No Capítulo 1, *“Introdução”*, enquadra-se resumidamente o público alvo com o tema do presente documento, identificando os principais objetivos a alcançar com o estágio, a metodologia considerada e a estrutura do TFM.

No Capítulo 2, *“O Estágio na Empresa SOMAFEL”*, compreende-se a apresentação e caracterização da Empresa onde decorreu o estágio, mencionando a breve história da organização e as suas diversas áreas de intervenção, contemplando ainda a descrição das atividades realizadas durante o período de estágio, bem como a integração do estágio na estrutura da Empreitada.

O Capítulo 3, *“O Projeto”*, procede à análise detalhada e concisa do projeto de execução, abordando e caracterizando as diversas especialidades de via férrea, catenária e construção civil, contemplando ainda o estudo de soluções e metodologias a aplicar na fase de execução.

No Capítulo 4, *“A Empreitada”*, realiza-se a caracterização da empreitada na sua totalidade, nomeadamente, a nível de produção, qualidade, ambiente e segurança, sem esquecer os seus pressupostos e condicionalismos associados, sendo apresentada uma descrição metódica dos trabalhos realizados e acompanhados no âmbito do estágio, tendo associado um planeamento de trabalhos.

O Capítulo 5, *“Caso de Estudo: Compatibilização entre Via Férrea e Instalações Fixas de Tração Elétrica”*, compreende uma abordagem teórico-prática da compatibilização entre os trabalhos de via férrea e IFTE, sendo elaborada uma descrição metódica de todos os trabalhos, bem como uma correta inserção temporal por forma a assegurar o cumprimento do planeamento dos trabalhos a realizar.

No Capítulo 6, *“Conclusões”*, são explanadas as principais conclusões, no que se refere às características da via férrea, bem como a apresentação de propostas de melhoria para futuras intervenções e valências obtidas, em resultado das lições aprendidas na empreitada de modernização deste troço da Linha do Minho.

---



## 2. O ESTÁGIO NA EMPRESA SOMAFEL

### 2.1 A Empresa SOMAFEL – Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.

Em novembro de 1956, Diogo Pereira Coutinho e Carlos Gayoso Penha Garcia, fundaram uma empresa de cariz ferroviário, com a denominação social de “SOMAFEL - Sociedade de Materiais Ferroviários, Lda.”. Tendo o objetivo de enfrentar os desafios de modernização e desenvolvimento tecnológico da precária rede ferroviária portuguesa de então, iniciando a sua atividade como representante de equipamentos e materiais ferroviários em Portugal [7].

Enfrentando um mercado difícil e pouco recetivo em território Continental, a Empresa acabou por afirmar a sua consolidação no império colonial, nomeadamente em Angola e Moçambique, tendo participado, nos anos 60, na execução de grandes projetos na área ferroviária. Mais tarde, com a introdução dos equipamentos pesados de conservação de via, alcançou a afirmação continental, com a formalização de importantes contratos de representação de equipamentos e materiais ferroviários com os mais destacados produtores europeus.

No fim dos anos 90 iniciou-se um novo ciclo de vida, a empresa familiar, gerida e controlada totalmente no seio da família dos seus fundadores, foi integralmente adquirida por duas das maiores empresas de construção civil e obras públicas do país, o Grupo Teixeira Duarte e o Grupo Soares da Costa. Com interesses estratégicos comuns, estes grupos procederam a um substancial reforço da política de investimentos, permitindo a consolidação do estatuto da Empresa como líder em Portugal e uma das primeiras do setor ferroviário no contexto ibérico.

Na reestruturação da empresa foram introduzidas novas vertentes, como a construção, renovação e conservação de catenária, tendo sido, novamente, a primeira empresa privada nacional a dedicar-se a estes trabalhos.

Nas décadas seguintes assistiu-se à expansão dos trabalhos por todo o país com participação ativa na modernização das infraestruturas ferroviárias portuguesas, foi criada a empresa OFM - Obras Públicas, Ferroviárias e Marítimas, S.A. (OFM). Esta nova empresa teve como principal objetivo alargar e complementar a atividade através da execução de trabalhos de construção civil ligados ao sector ferroviário e executar empreitadas no domínio das obras marítimas e portuárias [7].

No ano de 1998, o aumento do capital social em simultâneo com a inauguração e entrada em funcionamento do Parque Oficinal, ilustrado na Figura 2-1, localizado em Oliveirinha, concelho de Carregal do Sal, permitiu que a empresa se transformasse juridicamente em sociedade anónima sob a denominação de SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A..



Figura 2-1 Parque oficial de Carregal do Sal [7]

O parque oficial encontra-se implantado numa área superior a 9 hectares, dos quais 11740m<sup>2</sup> correspondem a área coberta, assim, de acordo com as especificações impostas pelos diversos mercados este permite realizar todas as manutenções técnicas, revisões gerais e modificações aos equipamentos ferroviários que a empresa possui, tendo o mesmo a seguinte constituição [7]:

- Serviços administrativos do departamento de equipamentos e formação profissional.
- Armazém para aprovisionamento de materiais de via e catenária, equipamentos ligeiros e equipamentos de proteção individual.
- Oficina de reparação e manutenção dos diversos equipamentos ferroviários.
- Linhas ferroviárias que permitem o estacionamento do equipamento pesado.
- Oficina de apoio às empreitadas, com parque de resíduos e materiais.

Com o fim de um longo ciclo de investimento público, na modernização da rede ferroviária portuguesa, a empresa deu início, em 2005, à concretização de uma estratégia de internacionalização das suas atividades para os mercados do Magreb, e em 2009, para a África Austral e Brasil. Devido à crise económica, em novembro de 2016, o setor ferroviário

da OFM foi integrada na estrutura da Somafel, tendo a atividade marítima sido incluída no Grupo Teixeira Duarte.

As Políticas de Gestão Integrada da Segurança, Qualidade, Ambiente, Inovação e Responsabilidade Social, foram e são uma prioridade da organização, sendo que os diversos requisitos normativos associados são cumpridos excurpulosamente, nomeadamente, ao nível da melhoria contínua de processos e produtos, sem esquecer a identificação e monitorização de oportunidades e riscos relevantes para o negócio.

Assim, atualmente, a Somafel orgulha-se do seu esforço, da sua crescente experiência e qualidade adquiridas ao longo de décadas, continuando assim a ser uma referência nacional e internacional.

## 2.2 O Estágio

O estágio curricular, que conforme já referido teve a duração de 6 meses, foi desenvolvido por forma a transpor para o terreno os conhecimentos adquiridos durante a formação académica envolvendo diversas vertentes que se identificam na Tabela 2-1<sup>2</sup>, sendo que as mesmas sofreram pequenos ajustamentos ao longo do mesmo.

Tabela 2-1 Cronograma temporal das atividades realizadas no estágio

Cronograma de Atividades	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		
	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	1º Q	2ºQ	
Definição do Projeto	█	█																	
Reuniões de Orientação			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Formação			█	█	█	█													
Acompanhamento dos Trabalhos					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Via Férrea							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Catenária									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Construção Civil					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Ensaios												█	█	█	█	█	█	█	█
Testes e Certificações													█	█	█	█	█	█	█
Compilação de Documentos			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Redação			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Revisão																		█	█
Entrega Final																			█

Tendo em conta a dimensão da Empreitada correspondente à eletrificação da Linha do Minho e a necessidade de assegurar uma correta integração e aprendizagem de todas as áreas envolvidas, foi considerada a integração do estagiário nos trabalhos de via, catenária e construção civil, conforme indicado no organograma funcional e normativo, o qual se encontra ilustrado na Figura 2-2.

Relativamente ao plano inicial, foram realizados alguns ajustes a nível de planeamento do próprio estágio, visto que, o início da obra ocorreu em fevereiro de 2017, e a data prevista de término seria em julho de 2018, tendo este prazo vindo a relevar-se insuficiente devido aos

<sup>2</sup> Cronograma temporal realizado considerando o plano inicial e a data de entrega provisória.

atrasos verificados no decorrer da empreitada. Desta forma, o respetivo estágio que inicialmente possuía uma janela temporal entre fevereiro de 2018 e agosto de 2018, revelou-se diminuto tendo em conta todas as actividades que tinham sido planeadas acompanhar até à finalização do estágio em consonância com a respetiva empreitada.

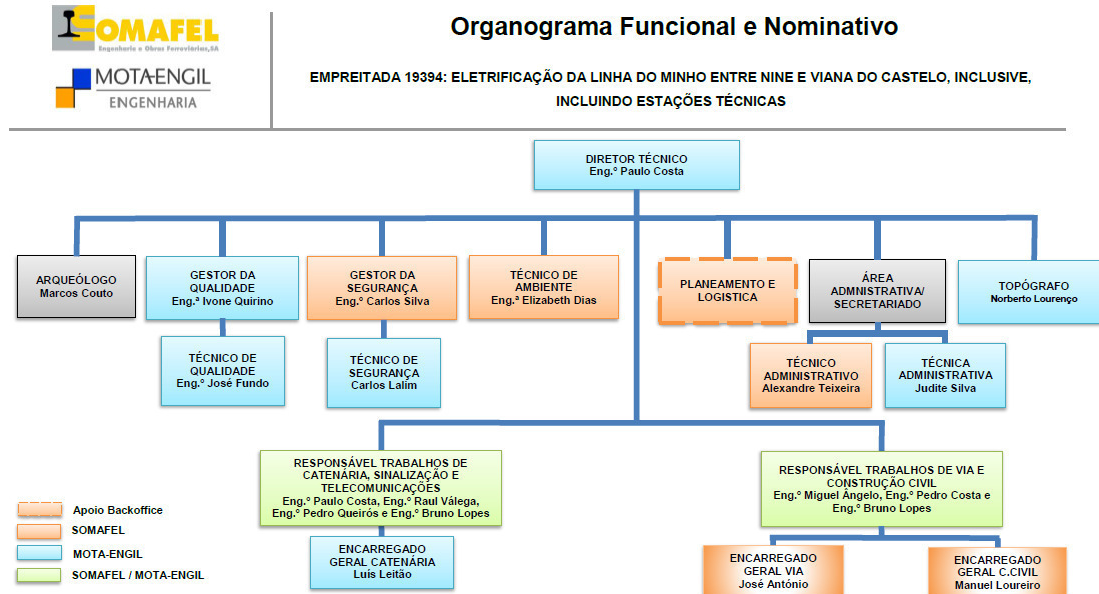


Figura 2-2 Organograma funcional e normativo da empreitada

No âmbito da formação foram realizadas diversas ações antes da entrada em obra, nas seguintes áreas apresentadas:

I. Infraestruturas Ferroviárias – Parâmetros de Via e Catenária [5], [7]

Nesta ação de formação desenvolveu-se a temática ferroviária, dando a conhecer os diversos parâmetros constituintes da via férrea e catenária, abordando os seguintes assuntos:

- Constituintes da infraestrutura e superestrutura ferroviária.
- Elementos de traçado em planta e perfil transversal.
- Equipamentos pesados.
- Medição, registo, análise e avaliação de qualidade.
- Sistemas de medição e inspeção instalados em veículos ferroviários.

II. Segurança Ferroviária para Empreiteiros [4]

Ao nível da formação em segurança ferroviária, tendo por base a ITV n.º 77, definiram-se os parâmetros ferroviários de segurança, as medidas de segurança a adotar nos trabalhos, bem como as diversas responsabilidades dos intervenientes na empreitada.

III. Código dos Contratos Públicos [3]

Relativamente ao CCP foi adquirido conhecimento nas formalidades procedimentais e administrativas relativamente aos contratos de obras públicas, particularmente, no

âmbito de aplicação da contratação pública, no regime substantivo dos contratos administrativos e ainda no regime contraordenacional.

#### IV. Direção de Obra – Síntese dos Principais Conceitos [6]

Na formação de direção de obra o objetivo passou por fomentar a aprendizagem dos aspetos relativos à direção e gestão de obras públicas para a prática de atos de engenharia, nomeadamente, nos seguintes aspetos:

- Organização das empresas de construção civil.
- Direção, fiscalização e dono de obra.
- Gestão da empreitada e subempreiteiros.
- Planeamento da empreitada.
- Gestão de recursos humanos e materiais.

Relativamente ao acompanhamento dos diversos trabalhos em obra, foram acompanhadas as seguintes especialidades, nomeadamente [8]:

- Via férrea: Implantação topográfica, levantamento da via existente, transporte e descarga de carril novo, assentamento da via, transporte e descarga de balastro, ataques de enchimento e regularização de balastro, estabilização dinâmica, esmerilagem preventiva, soldaduras aluminotérmicas, auscultação ultrassónica das soldaduras, regularização de barras longas soldadas (BLS), piquetagem, etiquetagem e referenciação quilométrica da via, levantamento e assentamento de Aparelhos de Mudança de Via (AMV) e trabalhos complementares.
- Catenária: Piquetagem, execução de maciços de catenária, montagem de postes, consolas, espias, amarrações, pórticos flexíveis e suspensões elásticas, lançamento de cabos (desbobinagem, regulação e pendulagem), montagem de aparelhagem elétrica e isoladores de secção, execução de ligações elétricas, montagem de telecomando de seccionadores, cabos elétricos e verificações e ensaios finais.
- Construção Civil: Alteamento das plataformas e acessibilidades, estruturas de contenção, estabilização de taludes, terraplenagem, sistemas de drenagem, reabilitação de túneis e infraestruturas de suporte à sinalização e telecomunicações (caminhos de cabos).



### 3. O PROJETO

#### 3.1 Enquadramento

A Linha do Minho permite a ligação entre a estação de Porto-São Bento e Valença-Fronteira, numa extensão total de 133.6 km, a qual, apresenta uma tipologia diversa com as seguintes características, via única (95.2 km), dupla (38.7 km) e múltipla (2.4 km) [27].

A presente infraestrutura ferroviária encontra-se inserida no Eixo Atlântico, além do serviço comercial de passageiros, a mesma possui uma elevada relevância no que diz respeito ao transporte internacional de mercadorias. Esta linha, conforme se encontra ilustrado na Figura 3-1, permite a realização das seguintes ligações [27]:

- Rede Espanhola (Valença/Tuy).
- Ramal de Braga (Nine).
- Linha de Guimarães (Lousado).
- Linha do Douro (Ermesinde).
- Linha de Leixões (Contumil).
- Linha do Norte (Campanhã).

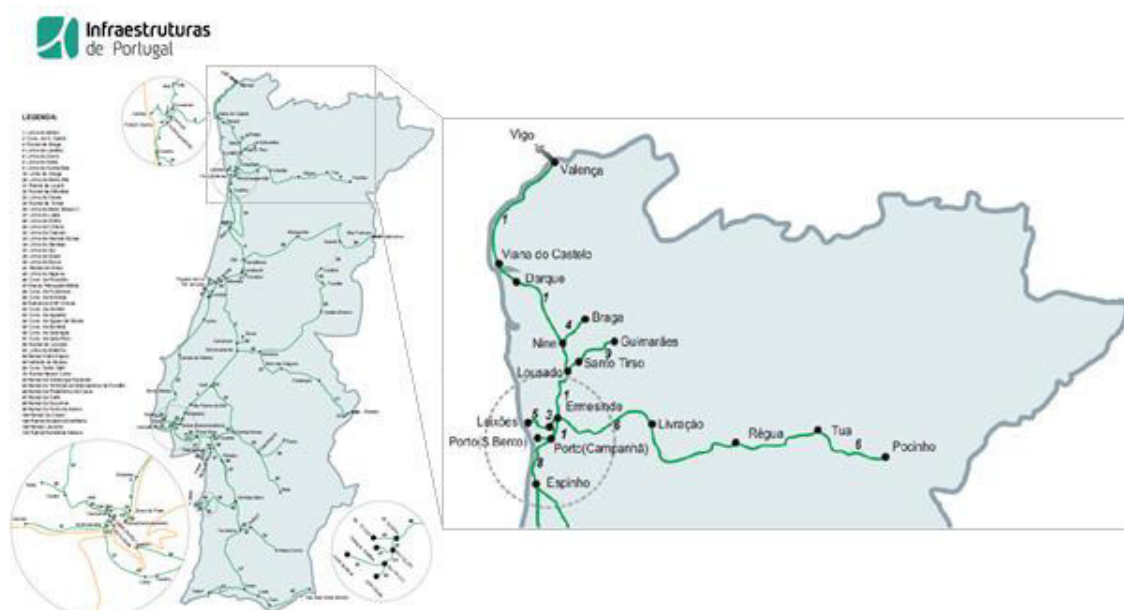


Figura 3-1 Diretório da Rede Ferroviária Nacional, Linha do Minho [Adaptado de 27]

A Modernização da Linha do Minho, cujo projeto foi realizado pela REFER Engineering, atualmente designada por IP Engenharia, considera a intervenção entre Nine e Valença-Fronteira. Esta intervenção foi dividida em duas empreitadas, concretamente Nine / Viana do Castelo (44.4 km) e Viana do Castelo / Valença-Fronteira (47.9 km), sendo que, o presente documento se refere à primeira fase [8].

O troço entre Nine (PK 39+400) e Viana do Castelo (PK 83+800), desenvolve-se em via única, tendo uma extensão de 44.4 km (Figura 3-2), contemplando cinco estações, oito apeadeiros

e ainda dois ramais particulares<sup>3</sup>, de acordo com o Anexo A1. Este troço possui um sistema de exploração sustentado por cantonamento telefónico e sinalização mecânica e/ eletromecânica [8].

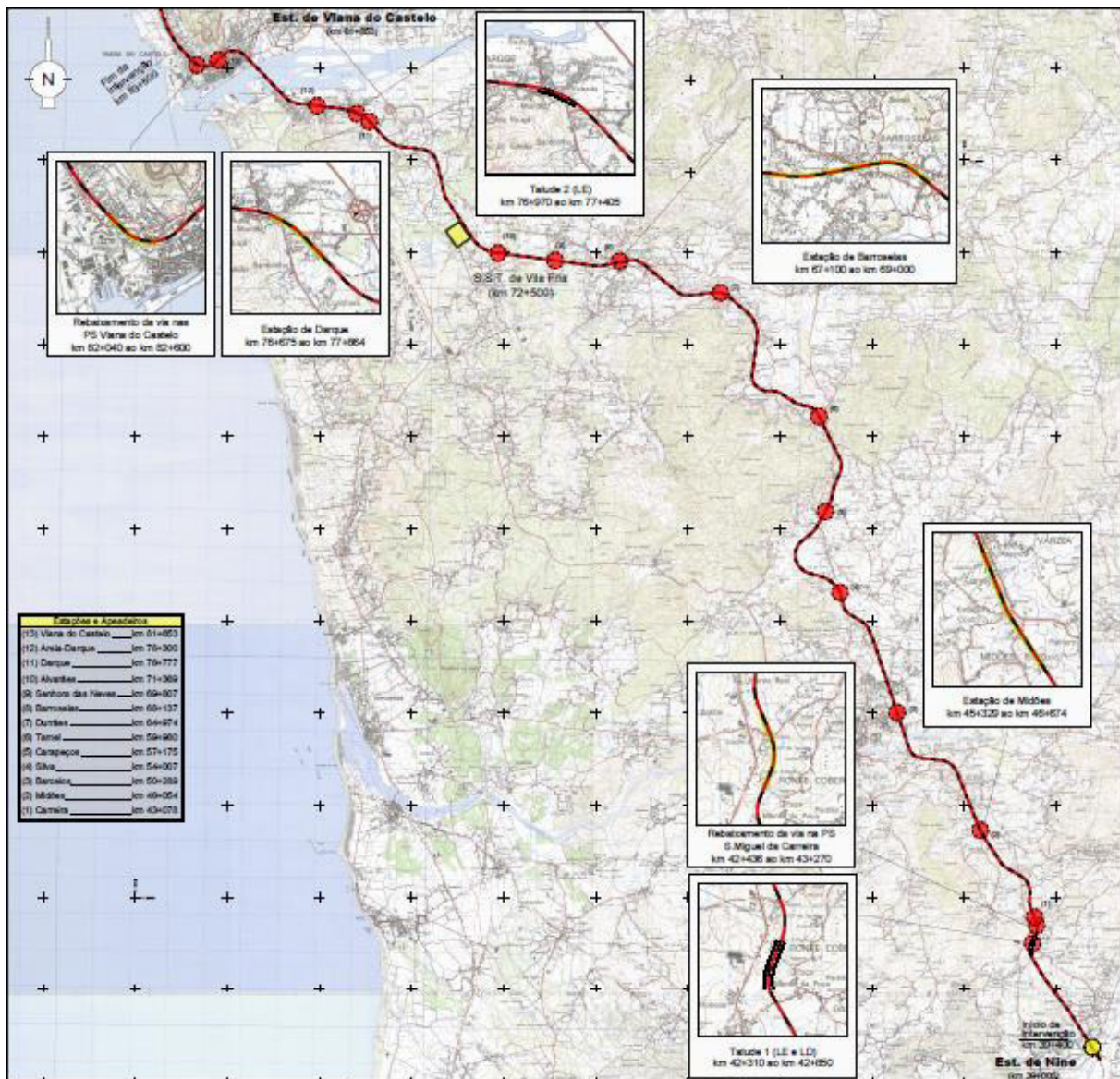


Figura 3-2 Esboço corográfico do troço Nine/Viana do Castelo [8]

As estações e apeadeiros alvo de intervenção foram as seguintes:

- Apeadeiro de São Miguel da Carreira (PK 43+078).
- Apeadeiro de Midões (PK 46+054).
- Estação de Barcelos (PK 50+289).
- Apeadeiro de Silva (PK 54+007).
- Apeadeiro de Carapeços (PK 57+175).
- Estação de Tamel (PK 59+980).

<sup>3</sup> Ramal Barcelos/Quimigal e Ramal Darque/Portucel

- Apeadeiro de Durrães (PK 64+974).
- Estação de Barroselas (PK 68+137).
- Apeadeiro de Senhora das Neves (PK 69+807).
- Apeadeiro de Alvarães (PK 71+369).
- Estação de Darque (PK 76+777).
- Apeadeiro de Areia-Darque (PK 78+300).
- Estação de Viana do Castelo (PK 81+653).

O projeto de execução para a Modernização da Linha do Minho contempla diversos trabalhos, nomeadamente [8]:

- Alteração de *layout* das estações e apeadeiros, por forma a permitir a existência de estações técnicas com comprimentos úteis até 750 m, estando as mesmas afastadas entre si sensivelmente entre 20 a 25 km;
- Alçamento e alargamento das plataformas de passageiros existentes, por forma a existir uma correta articulação destas com o material circulante de tração elétrica;
- Rebaixamentos da plataforma de via em zonas de atravessamentos desnivelados, de modo a existir uma correta consonância entre as obras de arte existentes e toda a estrutura da catenária;
- Aplicação de um sistema de corrente alternada a 25 kV / 50 Hz;
- Implementação de um sistema de retorno de corrente de tração, terras e proteção;
- Reabilitação de túneis<sup>4</sup>;
- Caminho de cabos em plataformas e em plena via;
- Estabilização de taludes.

A análise do projeto realizada ao longo deste capítulo, envolve as diversas especialidades, como a via férrea, catenária e construção civil, tendo a componente de via férrea e catenária um especial enfoque.

## **3.2 Via férrea**

### **3.2.1 Características gerais da via férrea**

As intervenções consideradas no âmbito da via férrea, passam pela adequação dos *layouts* existentes, bem como a construção de estações técnicas para cruzamento de comboios até 750 m de comprimento. Ao nível da via férrea as principais intervenções consideradas dizem

---

<sup>4</sup> Os trabalhos de reabilitação de túneis foram essencialmente de revestimento e impermeabilização, sendo que o rebaixamento da cota de soleira foi realizado em empreitada anterior, “*Beneficiação e Reforço dos Túneis da Linha do Minho*”.

respeito à renovação e melhoramento de via no troço em análise, passando estas pelos seguintes pontos [9]:

- I. Rebaixamento de via, por forma a assegurar o gabarito de eletrificação e execução das infraestruturas de catenária, em particular, nas seguintes passagens superiores à linha férrea:
  - São Miguel da Carreira (PK 43+026).
  - Viana do Castelo (PK 82+247, PK 82+362 e PK 82+440).
- II. Implementação de linhas para cruzamento de comboios nos seguintes locais:
  - Estação de Midões (PK 45+440).
  - Estação de Barrocelas (PK 68+132).
  - Estação de Darque (PK 76+777).
- III. Regularização do traçado nos apeadeiros de Durrães e Alvarães.
- IV. Simplificação de *layouts* nas estações de Barcelos e Viana do Castelo.

As intervenções de via encontram-se interligadas com as de construção civil, particularmente, nas bordaduras das plataformas, pois as mesmas foram alteadas por forma a obter uma altura de 0.685 m medida a partir do plano de rolamento do carril. A zona alteada da plataforma desenvolve-se numa extensão de 80 m, por forma a permitir a paragem de comboios comerciais e a respetiva tomada e largada de passageiros.

Desta forma, nas zonas em reta, as bordaduras das plataformas de passageiros encontram-se a 1.77 m relativamente ao eixo da via mais próxima, sendo que em curva esse valor é superior, e objeto de cálculo específico, envolvendo diversas variáveis nomeadamente o raio da curva e a escala que lhe foi imputada, por forma a incluir o espaço necessário para a inscrição do material circulante na respetiva curva, tendo em conta os efeitos de flecha e escala, definidos pela norma EN 15273-3 [9], [28].

Os principais constituintes da superestrutura de via férrea, à data da elaboração do projeto de execução, passavam pelos seguintes materiais:

- Carril 54E1 nas linhas gerais e secundárias.
- Travessas bi-bloco nas linhas gerais e de madeira nas linhas secundárias, sendo as fixações elásticas (nabla, vossloh ou pandrol).
- AMV's com tangentes 0.09 e 0.11, geometrias CP ou Alpine, com carril 54E1 e travessas de madeira de pinho, tendo aferrolhamento de esquadro em Barrocelas e agrafe em Darque.
- Balastro granítico.

No desenvolvimento do estudo foram tidos em consideração os valores limite de traçado presente nos seguintes normativos [9]:

- *EN 13803: Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1435 mm and wider* [29].
- ITV n.º 15: Correção do traçado e piquetagem das curvas [30].
- Especificação Técnica de Interoperabilidade para o Subsistema Infraestrutura, dada através do regulamento EU n.º 1299/2014 de 18 de novembro de 2014 [31].

### 3.2.2 Pressupostos e condicionantes

O projeto de execução teve em consideração diversos pressupostos e condicionantes para a realização dos trabalhos de via férrea, os quais se mencionam em seguida [9]:

- Na linha geral as intervenções preconizadas foram as mínimas necessárias para a execução e/ou prolongamento das linhas desviadas, e rebaixamento de via.
- Para as linhas desviadas das estações de Midões (linha I) e Barroselas (linha II) foi considerada a substituição do atual armamento de via por novo armamento, com novos AMV (tangente 0.0728), que permitem a velocidade máxima de 60 km/h no ramo desviado. Por sua vez na estação de Darque os trabalhos consideram o prolongamento da linha I e a substituição do AMV 5 por um novo AMV encurvado em CEX para jusante da estação, mantendo a velocidade de 45 km/h no ramo desviado.
- Para todas as linhas a intervencionar foi considerada a aplicação de balastro granítico e travessas bibloco equipadas com fixações Nabla e carril 54E1, isto sempre que possível e em conformidade com o material constituinte da superestruturada linha geral existente.
- A definição de traçado das novas linhas de cruzamento contempla, sempre que possível, uma distância entre eixos de 4.30 m.
- As bordaduras das plataformas de passageiros encontram-se alteadas para 0.685 m acima do plano de rolamento, numa extensão de 80 m.
- A PIR ao PK 45+714 e os respetivos restabelecimentos rodoviários, que visam anular a passagem de nível, devem ser executados previamente à construção da linha desviada da estação de Midões.

Tendo em conta os principais pontos elencados anteriormente, as condicionantes relevantes à materialização do projeto de execução passam pelos seguintes pontos [9]:

- Edificações existentes nas zonas dos prolongamentos das linhas de resguardo.
- Existência de infraestruturas contíguas à linha, em particular, a PI ao PK 68+725, depois de Barroselas, sem gabarito para via dupla.
- Propriedades e edificações com valor histórico, a preservar, em particular a Norte de Darque.
- Traçado da linha existente, designadamente, a localização de curvas em planta e em perfil longitudinal que condicionaram a localização dos novos AMV.

### 3.2.3 Rebaixamento de via

A intervenção de via sob as passagens superiores rodoviárias, visa rebaixar a rasante da via férrea, e assim permitir a existência de *gabarito* vertical necessário à eletrificação destes mesmos troços.

O troço de linha a Sul do apeadeiro de São Miguel da Carreira, ao PK 43+026, considera um rebaixamento de rasante com tratamento de plataforma, bem como a implementação de um correto sistema de drenagem profunda, por forma a existir uma correta degradação das cargas aplicadas pelo material circulante, desde a superestrutura até à infraestrutura, e um encaminhamento acertivo das águas provenientes de montante para jusante [9].

Para os troços a Norte da estação de Viana do Castelo, especificamente ao PK 82+246, PK 82+362 e PK 82+440, preconizou-se apenas um tratamento de plataforma simplista, realizando o aterro com recurso a solos devidamente selecionados [9].

#### 3.2.3.1 Rebaixamento de via sob a PS ao PK 43+026

Na obra de arte localizada a Sul do apeadeiro de São Miguel da Carreira (Figura 3-3), o projeto foi desenvolvido para dar resposta à necessidade de rebaixamento da rasante da via em 40 cm sob a passagem superior rodoviária (PSR) ao PK 43+026, para solucionar a falta de *gabarito* disponível à eletrificação da linha ferroviária, de acordo com o Anexo B1 [9].



Figura 3-3 Zona de rebaixamento na PSR ao PK 43+026 em São Miguel da Carreira

Para a materialização desta descida de rasante foi necessário alterar consideravelmente o perfil longitudinal da via, quer a montante quer a jusante da PS, incluindo a zona da plataforma de passageiros do apeadeiro (lado esquerdo da via) que se inicia a cerca de 26 m a Norte da PS em questão. Na zona da plataforma de passageiros (aproximadamente entre o PK 43+056 e PK 43+140) o rebaixamento da via varia entre os 35.0 cm no início e os 4.5 cm no fim da plataforma. Para além disso, tendo em conta o pouco balastro existente abaixo das travessas nesta zona, face ao rebaixamento previsto, foi necessário intervir na plataforma de via.

O estudo de via desenvolve-se entre o PK 42+436 e o PK 43+270, para poder incluir também a regularização de toda a curva em planta, existente antes da PS, bem como parte das retas que lhe são adjacentes. As alterações mais significativas na rasante da via ocorreram em cerca de 360 m, aproximadamente entre o PK 42+800 e o PK 43+160 [9].

Ao nível do traçado em planta mantiveram-se as características do traçado existente para a velocidade estabelecida na Tabela de Velocidades Máximas (TVM). No perfil longitudinal, existiu um agravamento da inclinação de um dos trainéis (pendente), a montante do apeadeiro, cujo valor absoluto passou de aproximadamente 13.0 mm/m para 16.4 mm/m. Fora da zona de rebaixamento de via propriamente dita, realizou-se apenas uma regularização do traçado existente, quer em planta quer em perfil longitudinal [9].

Entre o PK 42+550 e o PK 43+162, foi preconizada a substituição do carril existente por carril novo 54E1 em BLS (8 barras de 72 m mais uma de 36 m, para cada fila de carril). O material de via aplicado, exceto o carril substituído, foi considerado reaproveitado a partir do levantamento de via [9].

### **3.2.3.2 Rebaixamento de via sob as PS ao PK 82+246, PK 82+362 e PK 82+440**

Nas obras de arte, localizadas a Norte de Viana do Castelo, ao PK 82+247, 82+362 e 82+440 foi necessário proceder a rebaixamentos entre 10 e 30 cm da rasante da via férrea por forma a solucionar a falta de espaço ao gabarito de eletrificação, de acordo com o Anexo B2 [9].

O rebaixamento da rasante de via, contempla também o tratamento de plataforma numa extensão de 350 m, entre o PK 82+121 e o PK 82+481. A zona total a intervencionar, entre o PK 82+040 e o PK 82+600, inclui ainda a regularização do traçado nas zonas adjacentes [9].

A alteração do perfil longitudinal definida em projeto deu origem a uma “zona baixa” entre as duas primeiras PS (PK 82+243 e PK 82+363), localizando-se assim uma pendente de 0.7 mm/m. A Norte e a Sul das PS anteriormente indicadas, foram efetuadas ligações à rasante existente, originando a introdução de curvas verticais e de dois novos traneis com inclinações de cerca de -2.0 mm/m em 121 m de extensão e de 2.5 mm/m em 97 m (para montante e jusante respetivamente).

Neste local, a via encontrava-se assente em carril 54E1 em barra curta sobre travessas de madeira até ao aparelho de dilatação (AD) existente ao PK 82+470 a manter, tendo sido substituído apenas 30 % do material.

### 3.2.4 Implementação de linhas para cruzamento de comboios

#### 3.2.4.1 Estação Técnica de Midões

Na Estação de Midões (Figura 3-4 e Figura 3-5), anteriormente à intervenção a funcionar como apeadeiro, foi considerada uma nova linha desviada (linha I), do lado direito da linha geral, para cruzamento de comboios com 750 m, tendo a mesma um comprimento entre as estacas indicadores de limite de resguardo (ILR) de 810 m, de acordo com o Anexo B3.

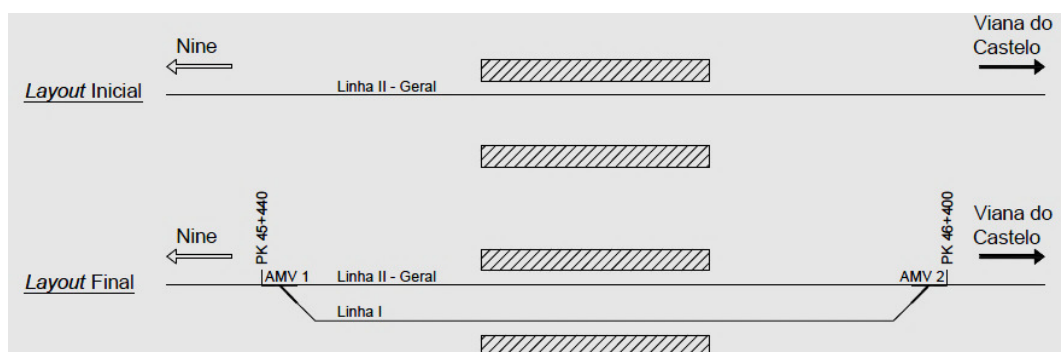


Figura 3-4 Representação esquemática da estação técnica de Midões

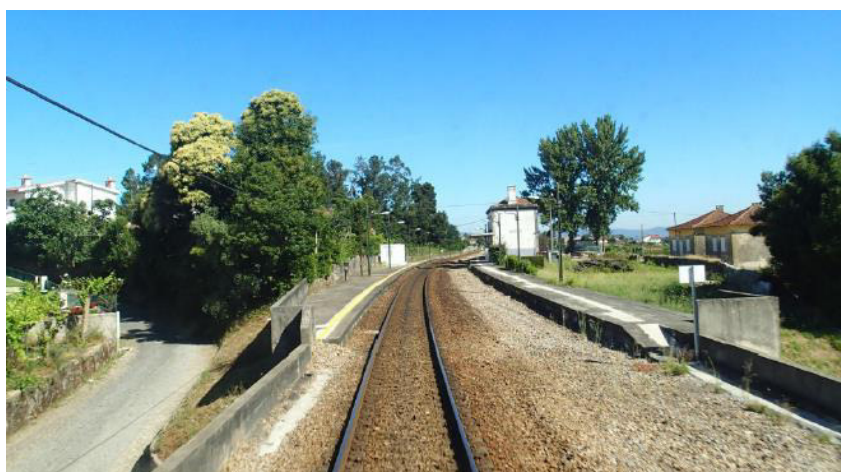


Figura 3-5 Estado inicial do apeadeiro de Midões

A linha I foi prolongada para montante da estação, visto que, para jusante existiam diversas habitações muito próximas da linha. Na zona de prolongamento da linha I também existe uma habitação, no entanto para esta, embora com algum afastamento, foi prevista a materializada uma estrutura de contenção para sua proteção.

O projeto preconizou o assentamento dos AMV 1 e AMV 2, respetivamente, ao PK 45+440 e ao PK 46+400, correspondendo a um comprimento entre estacas ILR de 810 m. A PIR localizada ao PK 45+714, foi materializada por forma a suprimir a antiga passagem de nível ao PK 45+771, tendo sido um dos principais pressupostos para a realização da linha desviada na estação de Midões.

Na zona das plataformas de passageiros o valor de entre-eixo (EE) é um pouco maior, comparativo às restantes zonas, sendo o que melhor se adapta à localização das atuais bordaduras da plataforma de passageiros para se evitarem alterações significativas nas mesmas. Assim, o valor de EE definido foi de 4.50 m na zona do traçado em curva circular, que coincide com a zona das plataformas de passageiros, e variável na zona das curvas de transição até à zona em retas onde já é de 4.30 m, conforme definido na norma dos perfis transversais tipo, norma IP - IT.GER.004 [9].

O traçado da linha geral (linha II) e do ramo desviado (linha I), mesmo sem escala nas curvas, permite uma velocidade de 60 km/h. A rasante de projeto do ramo desviado manteve-se igual à rasante definida para a linha geral, que por sua vez contempla uma regularização do perfil longitudinal existente, pelos pontos de cota mais elevada, à exceção da zona coincidente com a curva em planta n.º 53 que contempla uma subida de rasante média de 9 cm, por forma a evitar sobreposição de curvas verticais com as curvas em planta [9].

No estudo do traçado da linha geral, para além do assentamento dos dois novos AMV em reta e trainel, previu-se a regularização e manutenção do traçado existente, tendo-se tomado como ponto fixo a PN ao PK 46+510.

### 3.2.4.2 Estação Técnica de Barrocelas

A estação de Barrocelas (Figura 3-6 e Figura 3-7) desenvolve-se entre o PK 67+943 e o PK 68+474 contemplando, para além da linha geral (linha I), uma linha desviada (linha II) e uma linha de topo (linha III), estando preconizado no projeto, a criação de uma linha de resguardo com uma distância mínima de 730 m entre estacas ILR, de acordo com o Anexo B4.

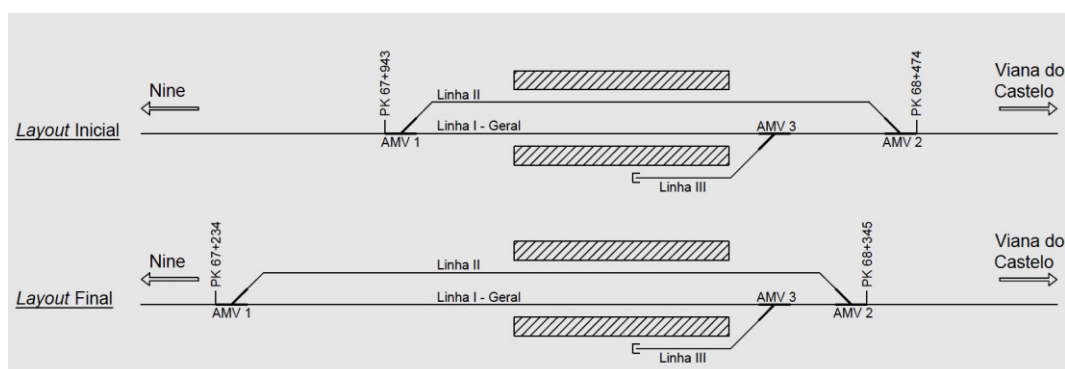


Figura 3-6 Representação esquemática da estação técnica Barrocelas



Figura 3-7 Estação técnica Barrocelas

As principais condicionantes ao prolongamento da linha II da estação de Barrocelas são indicadas em seguida:

- Passagem inferior existente ao PK 68+725 para via única, com problemas de gabarito rodoviário que inviabiliza o seu alargamento para via dupla;
- Edificações, muros de suporte e acessos rodoviários a habitações, muito próximas da linha férrea, tanto a Norte como a Sul da estação de Barrocelas;
- Traçado da via existente, nomeadamente, a existência de curvas em planta e curvas verticais a montante da estação que limitaram as opções para localização e assentamento do novo AMV 1, por forma a evitar a sua implantação em curva de transição e curva vertical.

Tendo em conta as diversas condicionantes, a solução perconizada considerou o posicionamento dos AMV 1 e AMV 2 aos PK 67+234 e PK 68+345, respetivamente, tendo associado um comprimento entre estacas ILR de 1080 m.

O novo *layout* para a estação de Barrocelas teve implicações significativas quer ao nível de expropriações decorrentes da necessidade de execução de estruturas de contenção, prolongamento de passagens hidráulicas e das soluções de terraplenagem na zona de prolongamento da linha II para montante.

A linha II, na zona das plataformas de passageiros, a nível de perfil longitudinal possui baixas inclinações, sendo as mesmas inferiores a 2.0 mm/m, em contrapartida na zona prolongada, cerca de 520 m, a sua rasante é em tudo idêntica à da linha geral, possuindo uma inclinação bastante superior, isto é, 12.0 mm/m, estando este valor próximo do limite máximo, 12.7 mm/m.

Face ao exposto anteriormente, um dos principais pressupostos após a materialização do preconizado pelo projetista é que o cruzamento de composições se realize sem que o maquinista abandone o comboio, não servindo esta mesma linha de cruzamento para estacionamento ou resguardo de material circulante. Por forma a contornar esta situação foi

incrementado o comprimento útil da linha II na zona das plataformas de passageiros, zona essa praticamente em patamar com inclinações inferiores a 2 mm/m, aumentando-se assim a extensão para se proceder à paragem de material circulante [9].

Nesta estação o EE é variável consoante a localização, sendo que na zona do prolongamento da linha II o mesmo corresponde a 4.30 m, enquanto que nas plataformas de passageiros este é variável, sendo o seu valor médio de 4.50 m, atingindo um máximo de 4.66 m.

Na linha geral efetuou-se uma regularização do traçado existente, quer em planta quer ao nível do perfil longitudinal, estando a nova linha desviada com o mesmo perfil longitudinal da adjacente. A zona da linha II existente face à linha I, teve uma subida de rasante média entre 6 a 7 cm, aproximadamente igual à diferença de alturas das travessas de madeira para as travessas bi-bloco, tendo nesta sido substituído todo o armamento de via e fornecido balastro necessário para obter as cotas definidas em projeto com recurso a ataques de via. Salienta-se ainda que entre o AMV 1 existente (PK 67+950) e o novo AMV 1 (PK 67+234), a linha foi prolongada para montante com uma superestrutura e plataforma de via nova [9].

Na linha geral de Barroselas, após o levantamento dos AMV soldados existentes, e por forma a cumprir com os normativos em vigor, foi preconizado o seguinte [9]:

- Assentamento de “via corrida” em 42.2 m para substituir o ramo direto tanto do AMV 1 como do AMV 4, e em 37 m para o caso do AMV 2.
- Substituição de carril até perfazer um comprimento de 45 m de barra nova em cada fila de carril, em todas as situações acima referidas (AMV 1, 2 e 4 existentes).

De ressaltar a particularidade detetada na linha geral, mais especificamente na curva n.º 74, que se inicia ao PK 67+330, imediatamente a Norte do novo AMV 1. O traçado existente nesta zona permite uma velocidade de 100 km/h para comboios convencionais de passageiros, no entanto a mesma conduz a valores de insuficiência de escala de 174 mm, acima do valor limite máximo para comboios de mercadorias indicado no normativo (150 mm). Desta forma, não existindo qualquer tipo de alteração das características do traçado, isto é, um incremento de escala de 25 mm na curva n.º 74, os comboios de mercadorias deverão de circular apenas a uma velocidade de 95 km/h [9].

### **3.2.4.3 Estação Técnica de Darque**

A intervenção na estação de Darque (Figura 3-8 e Figura 3-9) passou pela deslocação do AMV 5 para jusante, por forma a ter um comprimento entre estacas ILR de 435 m, não sendo possível garantir uma maior comprimento entre estacas devido à interseção com uma propriedade privada secular, sendo esta a principal condicionante à execução da respetiva estação técnica, de acordo com o Anexo B5.

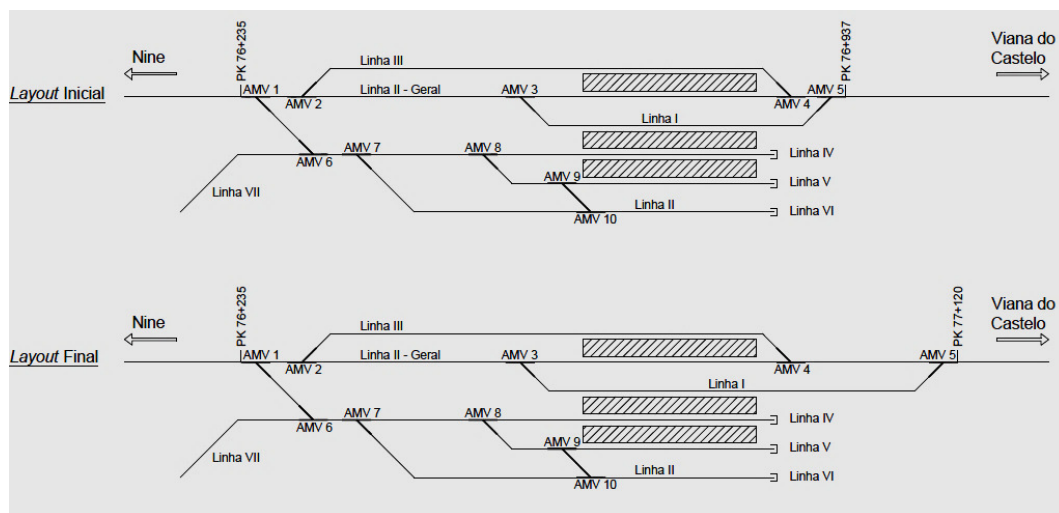


Figura 3-8 Representação esquemática da estação técnica de Darque



Figura 3-9 Estação técnica de Darque

Tendo em consideração a condicionante mencionada anteriormente, o novo AMV 5 passou a estar localizado ao PK 77+120, ficando o mesmo assente em CEX na curva n.º 80B de raio 1013 m. Uma vez que na curva n.º 80B a velocidade corresponde a 120 km/h e a escala a 60 mm foi necessário aumentar ligeiramente a escala em 20 mm, passando a mesma a ser de 80 mm, diminuindo assim a insuficiência de escala no novo AMV5, de 135 mm para 115 mm, valores que respeitam os limites normativos. O ramo desviado (linha I) mantém a sua velocidade de 45 km/h, pois essa corresponde à velocidade máxima permitida pelo AMV3 existente [9].

O perfil longitudinal da linha I foi condicionado pela PS existente ao PK 76+914, bem como pela ligação ao existente na zona das atuais plataformas de passageiros. Esta condicionante também esteve presente no valor de EE na zona do prolongamento da linha I.

O projeto evitou qualquer tipo de alteração a nível de traçado em planta e perfil longitudinal para a linha III e AMV 4, encurvado em CIN para um raio de 1041 m, que permite a ligação à

mesma pelo sentido Norte/Sul, por forma a que os mesmos se mantenham como se encontravam antes da intervenção [9].

As intervenções iniciam-se cerca de 100 m após o AMV 3, sendo que na linha I foi aplicada uma nova superestrutura de via apenas na zona do seu prolongamento. No entanto, no terreno constataram-se diferenças elevadas entre os PK's existentes e os indicados no projeto.

Atendendo ao levantamento do AMV 5 existente, o qual não se encontrava soldado, foi necessário realizar o assentamento de “via corrida” em barra curta numa extensão de 54 m, a qual corresponde ao comprimento do aparelho. Por sua vez, o novo AMV foi assente em zona já em BLS, por forma a evitar o desgaste das suas juntas, foi preconizada a soldadura de fechos mistos de 18 m em todos os ramos [9].

O armamento de via aplicado nesta estação técnica encontra-se sistematizado nos seguintes pontos [9]:

- Prolongamento da linha I com assentamento de via nova em 162 m, dos quais 144 m são em BLS, antes do novo AMV 5, e os restantes 18 m são em barra curta.
- Substituição de 18 m carril, em barra curta, antes dos 162 m de via nova a assentar.
- Substituição das travessas de madeira em mau estado na restante parte da linha I que será alvo de ataques de regularização.

De salientar que na estação de Darque os AMV existentes não se encontram soldados (decorrente nomeadamente do tipo de cróssimas que possuem), e as linhas secundárias e parte das linhas gerais encontram-se em barra curta, devido há existência de um aparelho de dilatação ao PK 77+012 que se mantém, ficando o mesmo entre o AMV 4 e o novo AMV 5.

### **3.2.5 Regularização de traçado**

Tendo em conta o alteamento das bordaduras das plataformas de passageiros, nas zonas em curva, os valores de defeitos e ripagens de via conduziram à necessidade de regularizar o traçado em planta e em perfil longitudinal, a regularização considera as seguintes zonas [9]:

- Apeadeiro de Durrães – Curva circular da curva n.º 72 da Linha do Minho, entre os PK's 64+494 e 65+354, de acordo com o Anexo B6.
- Apeadeiro de Alvarães – Parte em reta e em clotóide de entrada da curva n.º 76 da Linha do Minho, entre os PK's 71+343 e 72+350, de acordo com o Anexo B7.

Na restante extensão da Linha do Minho mantiveram-se as características geométricas do traçado quer em planta quer em perfil longitudinal.

### 3.2.6 Simplificação de layouts

Tendo em conta todas as atividades de via férrea, existiram trabalhos de simplificação de layouts nos seguintes locais:

- Estação de Barcelos: incluiu o levantamento das linhas V e VI e respetivos AMV 8 (substituído por “via corrida”) e AMV 10.
- Estação de Viana do Castelo: abarcou o levantamento de parte da linha V (cerca de 100 m), o assentamento de um pára-choques na linha V, e ainda o levantamento de parte do AMV 3, o qual passa apenas a dar acesso à linha IV.

A estação de Barcelos apenas tinha preconizado o levantamento das linhas V e VI, as quais serviam armazéns (tipo CP), sem esquecer o levantamento dos respetivos AMV associados e assim a passagem a “via corrida”, com recurso a barra curta ligada por barretas.

Na estação de Viana do Castelo o AMV 3, tinha as juntas da contra lança topadas com as juntas do talão da cróssima do AMV 1. Assim, com o levantamento do início da linha V, a qual passou a ser uma linha de topo com pára-choques (sentido Sul/Norte), foi também levantado o material ferroso do AMV 3, mantendo-se as travessas cavilhadas para colocação de um sistema de fixação de plena via que permita garantir a manutenção do traçado do ramo desviado anteriormente existente de acesso à linha IV. Os carris 54E1 foram aplicados em barra curta ligados por barretas ao AMV 1 e linha IV existente, não tendo sido contemplados trabalhos de ataque de via nem em AMV [9].

## 3.3 Instalações fixas de tração elétrica

### 3.3.1 Características gerais da instalação

A eletrificação na presente empreitada contempla o recurso ao sistema de corrente alternada a 25 kV / 50 Hz, a partir de uma Subestação de Tração (SST) instalada em Vila Fria (PK 72+500). O tipo de catenária a instalar no troço corresponde ao tipo LP12, a qual permite uma velocidade máxima de circulação de 220 km/h, sendo que todo o projeto preconiza e assegura o cumprimento dos requisitos de interoperabilidade e a passagem do pantógrafo europeu com largura 1600 mm [11].

O tipo de catenária preconizado permite uma velocidade elevada ao longo do troço, no entanto essa mesma velocidade não será atingida devido ao traçado da via e às diversas obras de arte (passagens superiores e túneis), pois perante tais estruturas as especificações técnicas ditam um dimensionamento tal que reduz a velocidade de circulação.

A velocidade máxima a praticar no troço entre Nine e Viana do Castelo é de 120 km/h, no entanto essa velocidade é atingida pontualmente durante cerca de 1600 m após a estação de

Darque, sendo que a norte da estação de Viana do Castelo a velocidade máxima corresponde a 140 km/h.

Nas zonas de *gabarito* reduzido recorreu-se à montagem de consola com o braço de chamada nº I (desenho E-6184) mais curto que o braço de chamada nº X (tipicamente utilizado na catenária LP12). Nos túneis e tendo em conta que os mesmos se desenvolvem em via única, recorreu-se à montagem da suspensão elástica (EC-244), conforme previsto na IT.CAT.049 [11].

O fio de contacto (FC) será montado com uma altura nominal de 5.50 m acima do plano de rolamento dos carris, tendo a catenária uma abertura nominal de 1.40 m. Sempre que não existem condições para instalar o FC à altura nominal, designadamente em zonas de passagens superiores, esta foi reduzida para uma velocidade máxima de 160 km/h, de acordo com a IT.CAT.034 [11].

O isolamento é do tipo Zona Terrestre até à Zona Neutra (ZN) da SST Vila Fria (inclusive) e do tipo Zona Marítima a partir da ZN da SST Vila Fria até ao fim do troço. Da mesma forma, em conformidade com o estabelecido na IT.CAT.005, foi considerado no desenvolvimento do projeto a zona de vento do tipo Zona A até à ZN da SST Vila Fria e a partir desse local zona de vento tipo Zona B [11].

Nos postes enquadrantes de passagens superiores, nas estações e apeadeiros e nas zonas de potencial vandalismo, foi considerado isolamento do tipo Sintético.

Como a velocidade máxima a praticar no troço é inferior a 160 km/h, os aparelhos de mudança de via são eletrificados com equipamento do tipo cruzado, de acordo com a IT.CAT.010 [11].

Nas amarrações compensadas, são utilizados equipamentos tensores com contrapesos em ferro fundido, conforme desenho EC-219 da IP, para uma gama de temperaturas previstas entre -10 °C a +65 °C. Nas amarrações os isoladores devem ser instalados no alinhamento vertical da banqueta da via [11].

Toda a instalação é equipada com um cabo de terra aéreo eletricamente contínuo com vista à montagem de um Sistema de Terra Universal segundo a IT.GER.002 da IP e compatibilizado com o projeto de Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteções (RCT+TP). São consideradas as ligações ao cabo de terra enterrado das massas metálicas de caixas de comando dos seccionadores, dos transformadores de tensão e alimentação e da terra de serviço desses transformadores [15].

Os postes de catenária são implantados por coordenadas topográficas, constantes nos cadernos de piquetagem, com exceção dos postes nas pontes, viadutos e túneis.

O projeto considera ainda que os postes que atualmente suportam o cabo de fibra ótica aéreo e cabos da sinalização deverão ser previamente retirados, tal como os atravessamentos aéreos existentes, tais como, tubos de água, fios elétricos, fios de telecomunicações, que não cumprem as distâncias mínimas (à catenária) constantes na regulamentação em vigor são intervencionados no âmbito dos serviços afetados.

Na eletrificação das estações e apeadeiros o projeto procurou minimizar o número de postes nas plataformas de passageiros. Sempre que colocados apoios nas plataformas de passageiros recorreu-se, na generalidade dos casos, à montagem de plataformas altas para limitar a existência de elementos em tensão elétrica na vertical das plataformas ou, no caso da instalação de pórticos flexíveis, colocados isolamentos na vertical do limite do cais.

Nas estações de Barcelos e Viana do Castelo as coberturas dos cais de passageiros são intervencionadas de forma a assegurar a guarda de ar adequada aos elementos da catenária em tensão e o *gabarrito* dinâmico do pantógrafo.

Nos apeadeiros de Carreira, Carapeços, Alvarães e Areia-Darque os postes de catenária foram projetados no lado oposto à plataforma de passageiros, não havendo assim interferências entre o projeto de catenária e o projeto de alteamento das plataformas. Nas restantes estações e apeadeiros os postes são implementados nos cais das plataformas de passageiros, tendo existido uma correta compatibilização entre projetos.

### **3.3.2 Pressupostos e condicionantes**

A eletrificação ao longo do troço Nine/Viana do Castelo teve em conta diversos pressupostos e condicionantes observados “*in loco*”, os quais foram considerados em projeto por forma minimizar os impactos durante a fase de construção, sendo de realçar os seguintes:

- Fundação dos postes de catenária.
- Túneis.
- Pontes e viadutos.
- Passagens superiores e atravessamentos aéreos.

#### **3.3.2.1 Fundação dos postes de catenária**

Este troço da Linha do Minho caracteriza-se por estar inserido numa zona com grande densidade habitacional e num canal ferroviário com um perfil transversal reduzido, tendo diversos taludes de aterro sem intervenções significativas, alguns destes com mais de 10 m.

Dadas as limitações de espaço existentes, o projetista considerou uma implantação tipo em plena via de 2.80 m (eixo do poste ao eixo da via), sendo que na materialização dos maciços de fundação nas zonas onde existe essa mesma limitação de espaço, se optou por aumentar o nivelamento do maciço para permitir a transposição da drenagem e caminho de cabos [11].

Atendendo às características de terreno existentes neste troço considerou-se a instalação de maciços em terreno instável, com recurso a fundações com micro-estacas, conforme definidos na IT.CAT.004 e de acordo com o Anexo C3. Encontra-se também contemplada uma limitação de alteração de lado dos postes nos troços entre estações, por forma a minimizar os atravessamentos do Cabo de Terra Aéreo (CdTA) [11].

Na estação de Viana do Castelo, na zona sob o centro comercial, foi utilizada uma solução para fixação da catenária por posteletes fixados nas lajes do centro comercial.

Nas obras de arte foram contempladas soluções especiais de fixação das estruturas de suporte de catenária com tipologias diversas, conforme descrito nos capítulos seguintes.

### 3.3.2.2 Túneis

Os túneis ferroviários foram alvo de uma reabilitação recente, na qual foram implementadas soluções de reforço estrutural por forma a permitir proceder ao rebaixamento das cotas de soleira no interior dos túneis, sendo esta atividade também designada por rebaixamento de via, tornando assim possível a eletrificação total da Linha do Minho.

A eletrificação dos túneis efetua-se recorrendo a suspensões elásticas (Figura 3-10), as quais de acordo com a IT.CAT.049 permitem uma velocidade máxima de 110 km/h [11].

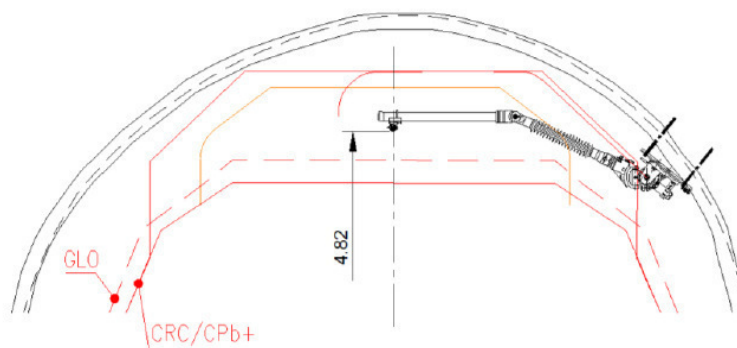


Figura 3-10 Exemplo de montagem de suspensão elástica em túnel de via única [11]

Tendo em conta que os apoios são afixados alternadamente, considerou-se a instalação de dois CdTA em toda a extensão dos túneis, fixados lateralmente nas paredes. Por sua vez, nas “bocas” de cada túnel, por questões de segurança, foi considerada a instalação de redes de proteção, conforme a montagem II do desenho C-1545 da IP [11].

### 3.3.2.3 Pontes e viadutos

Neste troço de linha existem algumas pontes e viadutos para as quais foram desenvolvidas soluções particulares para permitir a instalação dos equipamentos necessários à eletrificação da via, tendo na maior parte das situações sido preconizadas soluções tipificadas nas instruções técnicas da IP ou usadas em obras similares da rede ferroviária portuguesa.

O projeto procurou minimizar o número de apoios a fixar às obras de arte, sendo elencados de seguida esses casos particulares e as respetivas soluções desenvolvidas, de acordo com o Anexo C2 e C4 [11]:

- Viaduto da A11 (PK 48+026) em betão armado com 75 m de comprimento, onde dois apoios sobre o viaduto são fixos através de cêrcea a pernos chumbados à obra de arte (OA), conforme Figura 3-11.



Figura 3-11 Solução de fixação no viaduto da A11 [11]

- Ponte do Cávado (PK 49+519), uma estrutura metálica com uma extensão de 135.38 m, sendo os postes fixos lateralmente ao tabuleiro, na zona dos pilares com recurso a soldadura e nos encontros por meio de uma estrutura.
- Viaduto de Durrães (PK 64+334) em alvenaria com um comprimento de 178.38 m, sendo os postes fixos lateralmente na alvenaria, por meio de uma estrutura de 3 apoios, através de pernos chumbados à obra de arte na zona dos pilares, de acordo com o esquema representado na Figura 3-12.

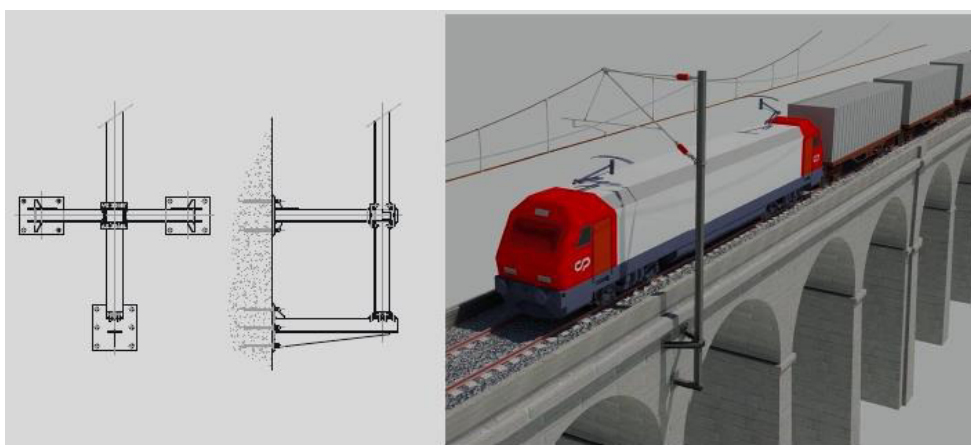


Figura 3-12 Solução de fixação no viaduto de Durrães [11]

- Ponte Eiffel e viaduto de acesso (PK 80+000), sendo esta uma estrutura metálica com 562.44 m de extensão em secção fechada e 82 m respeitantes às secções de acesso. Na zona fechada serão instaladas consolas em posteletes fixos à OA (Figura 3-13), já

na zona do viaduto de acesso a solução passa por um apoio de fixação lateral à viga da OA e um outro com uma estrutura de apoio de duas fixações.

De referir que tratando-se este de um setor com eletrificação 2x25 kV e dadas as limitações de espaço, o projeto especifica a instalação de feeder negativo em cabo seco, envolto de tubo metálico.

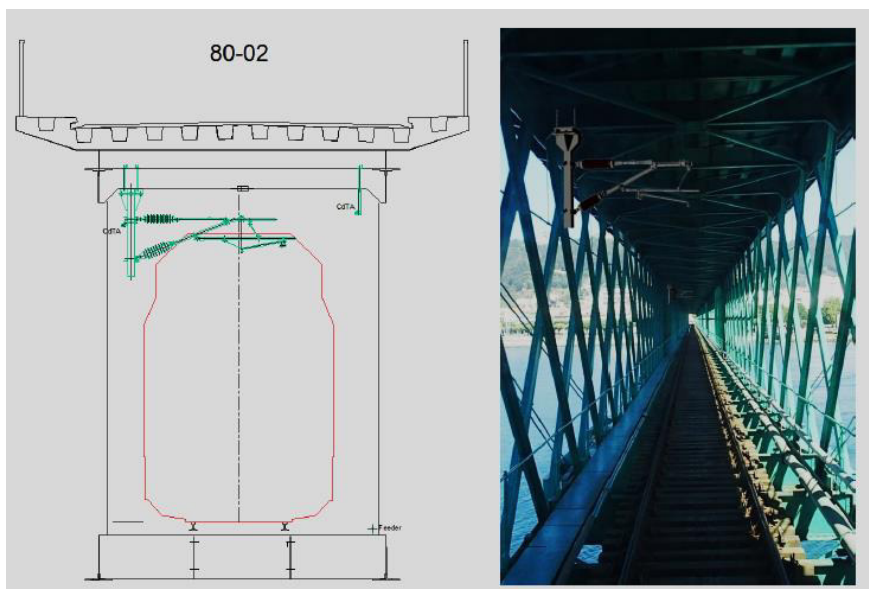


Figura 3-13 Solução de eletrificação na secção fechada da ponte Eiffel [11]

- Acesso sul à estação de Viana do Castelo (PK 81+240), que possui muro de ambos os lados da via, conforme ilustrado na Figura 3-14, o que condiciona a colocação dos postes, obrigando assim à necessidade de compatibilizar o poste com o muro existente.



Figura 3-14 Zona com muros no acesso a estação de Viana do Castelo

#### 3.3.2.4 Passagens superiores e atravessamentos aéreos

O projeto de eletrificação nas passagens superiores respeita o disposto na IT.CAT.034, tendo o mesmo sido desenvolvido após o levantamento topográfico dessas obras de arte ao longo

do troço, por forma a ser dimensionada de acordo com o *gabari* vertical disponível, estando esses dados refletidos na Tabela 3-1. Nas passagens superiores existentes será necessário instalar redes de proteção, conforme a montagem I do desenho C-1545 da IP, ou até mesmo adaptar as redes de proteção existentes [11].

**Tabela 3-1 Gabarito vertical das PS's no troço Nine/Viana do Castelo [11]**

Designação	PK	Gabari Vertical (m)
PSP	39+842	6.15
PSR	43+026	4.80
PSR	47+752	5.71
PSR	55+329	6.60
PS	60+863	6.02
PS	61+379	6.12
Tubo de água	64+077	5.04
Tubo de água	64+851	5.32
Tubo de água	65+135	5.05
PSR	65+336	6.09
PS de Vila de Punhe	69+959	5.92
PS	71+689	5.44
PSR	74+091	5.70
PSR	75+310	6.02
PSR – IC1	75+610	6.39
PSR	76+915	5.26
PSR	77+187	5.80
PSP	81+587	8.14
PSR	82+245	4.99
PS	82+361	4.91
PSR	82+438	5.39

A catenária a instalar foi preparada para os atravessamentos previstos executar no âmbito da supressão de passagens de nível designadamente, futuras passagens superiores e inferiores. O dimensionamento da catenária encontra-se realizado em função da localização e características das passagens superiores, contemplando já a redução da altura do FC, bem como a aplicação de aberturas mais reduzidas, considerando ainda CS protegido nos vãos que enquadram as PS.

Ao longo do troço verificou-se a necessidade de intervencionar três situações, por forma a assegurar as condições de eletrificação, conforme descrito nos pontos seguintes [11]:

- PSR ao PK 43+026 – São Miguel da Carreira

Para viabilizar a eletrificação da linha por baixo desta PSR encontra-se previsto no projeto um rebaixamento da rasante de via de forma a assegurar um aumento de 40 cm entre o ponto mais alto do plano de rolamento e o tabuleiro da ponte.

No vão que enquadra esta PSR será instalado cabo de suporte protegido, assegurando-se uma altura mínima do fio de contacto a meio vão de 4.80 m.

▪ PSR ao PK 76+915 – Darque

Esta passagem superior (Figura 3-15) encontra-se perto de um AMV e sobre a linha I que será prolongada, sendo a mesma caracterizada por possuir um *gabarito* reduzido e pilares oblíquos em relação aos carris, estando igualmente próximo destes. Os constrangimentos causados por esta PSR provocaram que o dimensionamento das consolas na sua envolvente tivessem uma abertura muito reduzida, causando assim uma maior complexidade na desbobinagem dos cabos condutores.



Figura 3-15 PSR ao PK 76+915 em Darque

As alterações a efetuar na via-férrea foram compatibilizadas com as condições mínimas para a eletrificação e incorporadas no projeto de alteração de layout, existindo assim uma correta harmonia entre os projeto de via e instalações fixas de tração elétrica.

▪ PS ao PK 82 – Viana do Castelo

A norte da estação de Viana do Castelo existem três passagens superiores que possuem um *gabarito* reduzido, tendo sido determinado para cada passagem aumento necessário entre o ponto mais alto do plano de rolamento e o tabuleiro da ponte. Assim, foi preconizada a seguinte descida de rasante:

- PS ao PK 82+245 – 18 cm.
- PS ao PK 82+361 – 30 cm.
- PS ao PK 82+438 – 10 cm.

Destaca-se a PS ao PK 82+438, que apesar de ter uma altura de 5.39 m entre o ponto mais alto dos carris e o tabuleiro, dada a sua grande extensão no sentido longitudinal à via, obriga também ao rebaixamento da rasante da via de forma a se viabilizar a sua eletrificação.

Atendendo à proximidade entre as passagens superiores, o projeto de via férrea preconizou um rebaixamento da rasante que enquadra ambas as PS.

### **3.3.3 Esquema elétrico**

O esquema elétrico foi desenvolvido tendo como base os novos layouts de via e os requisitos técnicos no âmbito deste sistema [11]. Este esquema contempla a localização de todas as obras de arte existentes, passagens de nível, passagens hidráulicas, passagens superiores e inferiores, sendo todos estes elementos compatibilizados no projeto de catenária, de acordo com o Anexo C1.

#### **3.3.3.1 Instalação de seccionamentos de lâmina de ar**

A instalação dos seccionamentos de lâmina de ar (SLA), bem como a sua localização deve ser materializada de acordo com as regras definidas na nota técnica de eletrificação, designadamente [11]:

- Estações com Sinalização de Manobras
  - O SLA deve ser montado entre o sinal de Entrada (S1 ou S2) e o sinal limite de manobras, se a distância entre eles o permitir.
  - Quando a distância entre o sinal de entrada e o sinal limite de manobras, não permita a montagem de um SLA, este será colocado de modo a ficar o mais próximo possível do sinal de entrada, respeitando a distância mínima de 200 m entre o poste limite do SLA e o sinal de entrada.
- Estações sem Sinalização de Manobras
  - O SLA será montado entre o sinal de entrada (S1 ou S2) e a junta da contralança do AMV de entrada;
- O SLA não poderá ser montado em curvas de raio inferior a 380 m.

Dadas as características deste troço, nomeadamente no que respeita às curvas de raio reduzido, alguns SLA foram posicionados mais afastados da estação do que o exigido. Esta situação também acontece no túnel de Tamel e na ponte sobre o Rio Lima onde em ambas as situações os SLA foram colocados antes destas obras.

#### **3.3.3.2 Telecomando de seccionadores**

Os cabos a utilizar para alimentação, sinalização e comando associado aos equipamentos de catenária, seguem os princípios indicados na IT.ENT.001 da IP [11].

Estes cabos são encaminhados, para a sala técnica da estação mais próxima. Apenas para a zona neutra de Nine será construída uma cabine própria para a instalação do equipamento de comando e controle desta instalação.

### 3.3.3.3 Ligação da SST de Vila Fria à catenária

Neste troço está prevista a construção de uma Subestação de Tração (SST de Vila Fria), a instalar aproximadamente ao PK 72+527 do lado esquerdo da via. A Zona Neutra da SST Vila Fria fica instalada ao PK 73+860.

As ligações ao pórtico de saída da subestação fazem parte do projeto de catenária, sendo que os postes de catenária na zona da subestação estão previstos do lado direito da via. Para efetuar a ligação entre o pórtico de saída da subestação e o sector sul serão instalados dois apoios 72-12A e 72-12B, com uma baixada direta para a catenária [11].

Para efetuar a ligação entre o pórtico de saída da subestação e o setor norte serão instalados dois apoios 72-12C e 72-12D. O poste 72-12C fará a transição das transversais para feeder duplo. O feeder duplo de alimentação ao setor norte termina no poste 74-01 [11].

### 3.3.3.4 Instalação de postos de autotransformador

A Norte da SST está prevista a utilização do sistema 2x25 kV. No entanto conforme Tabela 3-2, retirado do Programa Preliminar da SST, o primeiro PAT encontra-se fora do limite de intervenção para este troço (PK 83+000).

**Tabela 3-2 Localização dos postos autotransformadores e zona neutra [11]**

<b>Instalação</b>	<b>Localização (PK)</b>
Posto autotransformador 1 (Viana do Castelo)	83+295
Posto autotransformador 2 (Gelfa)	94+495
Posto autotransformador 3 (Seixas)	107+400
Posto autotransformador 4 (Breia)	118+750
Posto ZN com autotransformador (Valença)	129+015

### 3.3.3.5 Instalação de zonas neutras

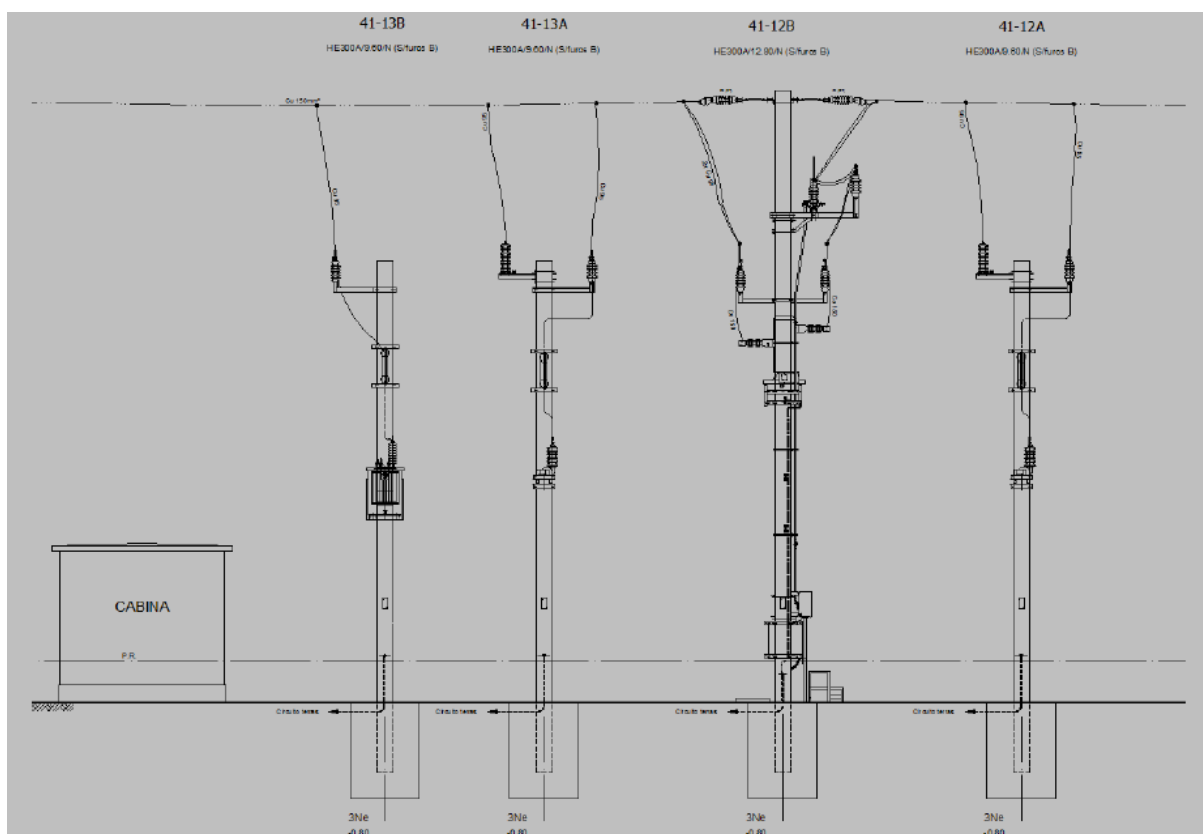
O presente projeto prevê a implementação de duas zonas neutras, uma em Nine e outra na SST de Vila Fria, sendo que ambas são do tipo seccionadas e respeitam o indicado no ponto 10.3 da IT.CAT.034 [11].

### Zona neutra de Nine

Com base nas características do traçado e tendo como referência o esquema elétrico é instalada uma zona neutra em Nine ao PK 41+460, que fará a separação elétrica entre a SST de Travagem e a futura SST de Vila Fria, aproximadamente ao PK 72+527 [11].

A sua localização para a construção prende-se com o facto de ser o primeiro local, partindo de Nine para Norte, em que existe um pequeno trainel com inclinação zero, entre pendentes e rampas acentuadas. A localização da ZN não tem os 300 m em cada lado com trainel inferior a 6 ‰, sendo que no entanto em termos de exploração não traz problemas atendendo a que a ZN se encontra num ponto alto relativamente aos troços adjacentes [11].

O posto de zona neutra contempla a instalação de postes dedicados para aparelhagem do lado direito da via (postes da catenária encontram-se nesta zona do lado esquerdo da via) bem como uma cabine a instalar aproximadamente ao PK 41+500, também do lado direito da via, sendo que o caminho existente até à zona do futuro posto será reabilitado por forma a criar acesso rodoviário e pedonal [11].



**Figura 3-16** Posto de catenária da ZN de Nine

### Zona Neutra da SST Vila Fria

A outra zona neutra, associada à SST de Vila Fria, é instalada aproximadamente ao PK 73+860. A opção por uma localização para a ZN descentrada relativamente à SST justifica-

se pelas pendentes acentuadas com aproximadamente 15 ‰ existentes entre o PK 71+600 e o PK 73+300 e também pela proximidade de acesso rodoviário [11].

### **3.3.3.6 Transformadores de Alimentação**

Neste projeto existe a necessidade de instalar transformadores de alimentação (TA) para alimentação socorrida das salas técnicas decorrente da empreitada de sinalização autónoma a esta empreita, denominada por “Lote A”, sendo que estes TA serão instalados próximo dos edifícios técnicos e terão potências de 50 kVA nas estações de Midões, Barcelos, Tamel, Barrocelas e Darque. Na estação de Viana do Castelo considerou-se a instalação de um TA com potência de 100 kVA [11].

### **3.3.4 Retorno de corrente de tração, terras e proteção**

O sistema RCT+TP corresponde a um conjunto de condutores, carril e terra, tendo a função de proporcionar um caminho com segurança, para o retorno da corrente captada pelos comboios até à subestação. Assim, o RCT+TP assegura um ambiente seguro tanto para os seres humanos como para os diversos sistemas eletrotécnicos, e ainda a redução das emissões eletromagnéticas na vizinhança da via-férrea.

Além destes sistemas, também foi aplicado o cabo de terra aéreo e o cabo de terra enterrado, o CdTA liga entre si todos os postes de catenária, estando ligado ao carril em intervalos regulares de 600 m, por outro lado, o CdTE desempenha as mesmas funções de elétrodo enterrado de terra contínuo, no entanto apenas se liga ao carril em intervalos de 1500 m [15].

## **3.4 Construção civil**

A nível de construção civil os trabalhos incidem na reabilitação do respetivo troço, de forma genérica, nas seguintes intervenções:

- Alçamento de plataformas de passageiros.
- Execução de terraplenagem, bem como dos sistemas de drenagem.
- Estabilização de taludes, em São Miguel da Carreira e Darque.
- Reabilitação dos túneis de São Miguel da Carreira, Tamel e Santa Lucrécia.
- Construção de estruturas de contenção em Midões e Barrocelas.
- Conceção de infraestruturas de caminho de cabos para os sistemas de sinalização eletrónica, controlo de velocidade e telecomunicações.

### **3.4.1 Alçamento de plataformas de passageiros e acessibilidades**

O alçamento de plataformas de passageiros e acessibilidades em estações e apeadeiros, de acordo com o Anexo D6, corresponde a um importante ponto no que diz respeito à qualidade e segurança do serviço prestado ao passageiro.

As plataformas de passageiros possuíam antes da intervenção alturas variáveis relativamente ao plano de rolamento, entre 0.10 m e 0.77 m, sendo que em resultado da intervenção as mesmas foram ajustadas para a cota 0.685 m, numa extensão total de 80 m, por forma a que o material circulante de tração elétrica seja compatível com estas, sendo que todos os troços alteados, salvo casos inexequíveis, possuem uma largura mínima de 3 m [16].

O acesso por parte de pessoas com mobilidade reduzida às plataformas de passageiros alteadas, encontra-se assegurado através de rampas desde o exterior da estação ou apeadeiro até às plataformas alteadas, bem como nas zonas de transição entre os troços de plataforma alteados e os existentes. Essas mesmas rampas cumprem o estabelecido tanto no Decreto-Lei 163/2006, de 8 de Agosto de 2006, bem como no Regulamento (UE) N° 1300/2014 da Comissão Europeia, de 18 de Novembro de 2014 [16].

A remodelação das plataformas incluiu a demolição parcial e em casos particulares total dos elementos existentes, por forma a realizar as novas plataformas com recurso a muretes bordadura e/ou através de muros-cais, dependendo das situações, estando também preconizados todos os revestimentos e acabamentos de superfícies, como faixas de segurança, faixas de cautela e encaminhamento para pessoas de visibilidade reduzida.

Toda a sinalética de encaminhamento foi projetada de acordo com o normativo em vigor, bem como as instalações de iluminação, a instalação de caminhos de cabos, a pré-instalação de sistemas de informação eletrónica aos passageiros e ainda a instalação de rede de terras enterrada.

Tornou-se ainda necessário prever a execução e reabilitação de abrigos de passageiros, por forma a abrigar os passageiros enquanto esperam pelo transporte ferroviário. Os abrigos foram implantados no limite da plataforma alteada, tendo apenas uma ligação à linha ferroviária, salvo casos em que o mesmo seja executado numa plataforma central, passando a ter acesso a duas linhas (caso da estação de Barcelos, Darque e Viana do Castelo).

Serão implementados dois tipos de abrigos, o tipo I e II, respetivamente com as dimensões de 1.50 m x 8.00 m e 2.00 m x 12.00 m, por forma a existir uma adaptação de um módulo de abrigo a cada necessidade específica.

### **3.4.2 Terraplenagem e drenagem**

#### **3.4.2.1 Terraplenagem**

Os trabalhos de terraplenagem contemplam as diversas ações necessárias por forma a garantir a materialização das intervenções em rebaixamentos de via e execução de estações técnicas, nomeadamente ao nível da plataforma de via férrea, no alargamento de aterros e para o reperfilamento e/ou alargamento de taludes, de acordo com o Anexo D1.

Nos locais em que se encontravam preconizadas ações de terraplenagem foi necessário realizar trabalhos preparatórios, particularmente, ações de limpeza e desmatagem, demolições e decapagem.

As escavações realizadas estão diretamente associadas à execução dos rebaixamentos de via férrea e à execução das estações técnicas, pois estas novas estações necessitavam que se procedesse ao alargamento da plataforma e saneamento de solos na fundação dos aterros de alargamento, sendo que, os trabalhos de escavação também se encontram relacionados com o reperfilamento das geometrias dos taludes a intervir [10].

As características dos materiais colocados em aterro e as técnicas construtivas permitiram assegurar a estabilidade, capacidade de carga e durabilidade das camadas de suporte da superestrutura.

#### **3.4.2.2 Drenagem**

Nas intervenções associadas às estações técnicas e nas diversas zonas onde é fundamental o rebaixamento de via, nomeadamente, passagens superiores, passagens inferiores e túneis ferroviários foi necessária a instalação de drenagem transversal e longitudinal, de acordo com o Anexo D2.

A drenagem longitudinal passou por toda a captação e encaminhamento das águas que acedem à plataforma da via férrea, quer estas sejam precedentes de escorrências, quer da existência de níveis freáticos elevados, sendo esta recolha de água realizada na sua maioria com recurso a valetas de plataforma tipo REFER, valetas de descida e pé de talude e valetas ao tardo dos muros [10].

Por sua vez, a drenagem transversal contemplou todas as obras necessárias que possibilitem o restabelecimento das linhas de água atravessadas pela via férrea, por meio da execução de novas passagens hidráulicas e respetivo prolongamento, e até mesmo a realização de drenos profundos.

#### **3.4.3 Estabilização de taludes**

A estabilização de taludes na Linha do Minho, de acordo com o Anexo D3, considerou duas situações particulares, concretamente [10]:

- Talude situado a Sul do apeadeiro de São Miguel da Carreira, entre o PK 42+310 e o PK 42 +850, com uma extensão de 540 m.
- Talude localizado a Norte da estação de Darque, estando o mesmo compreendido entre o PK 76+970 e o PK 77+405, com uma extensão de 435 m.

O talude em São Miguel da Carreira registava frequentemente ravinamentos que provocavam a acumulação de material nas valetas de plataforma, afetando assim o sistema de drenagem longitudinal e ainda o descalce da vegetação existente na crista do talude. Assim, prespetivou-se uma ação de limpeza e desmatação, e posteriormente um reperfilamento do mesmo, considerando ainda a execução de um muro de espera em betão ciclópico revestido a pedra, isto quando o terreno não possuía capacidade de suporte própria suficiente, ficando assim solucionado o problema de acumulação de material erodido e reduzindo os custos de manutenção periódica [10].

No caso do talude em Darque onde se verificava a queda de blocos para a plataforma de via, constatou-se igualmente o aparecimento de água à face do talude, e ainda zonas em consola, colocando assim habitações existentes na crista do talude em risco, sendo que a solução passou pela estabilização do mesmo recorrendo ao desmonte de todos os blocos instáveis e preenchimento das diversas infraescavações existentes com betão pobre, sendo a superfície revestida com alvenaria de pedra [10].

#### **3.4.4 Reabilitação de túneis**

No troço intervencionado considerou-se a reabilitação dos túneis de São Miguel da Carreira, Tamel e Santa Lucrécia, os quais perfazem uma extensão total de 1471 m, de acordo com o Anexo D5, distribuídos da seguinte forma [13]:

- São Miguel da Carreira (PK 41+719), com 260 m.
- Tamel (PK 58+812), com 980 m.
- Santa Lucrécia (PK 63+150), com 230 m.

Tendo em conta as necessidades de garantir a impermeabilização da zona de influência da catenária, foi necessário realizar um conjunto de trabalhos prévios, por forma a assegurar uma correta superfície para colocação de soluções de impermeabilização [13].

A reabilitação dos túneis ferroviários anteriormente referidos é um dos pontos fulcrais, pois as soluções de reforço, reparação e impermeabilização da zona de influência da catenária, possibilita a eletrificação da linha.

#### **3.4.5 Estruturas de contenção**

As estruturas de contenção consideradas na intervenção, mais propriamente em Midões e Barrocelas, foram necessárias para conter o aterro decorrente do alargamento da plataforma ferroviária e reduzir as áreas de expropriação, sendo que as soluções de contenção tiveram em consideração os diversos condicionamentos locais, nomeadamente em termos de traçado ferroviário, segurança, geológicos e geotécnicos, topográficos e de ocupação de terreno, isto de acordo com o Anexo D4.

Tendo em conta todos os condicionamentos indicados anteriormente, preconizou-se como solução base um muro de betão armado, em consola, fundado por microestacas, existindo também a possibilidade de recorrer a um muro com fundação direta, aquando a presença de formações de resistência e deformabilidade adequadas [14]. Desta forma as estruturas de contenção realizadas encontram-se identificadas e detalhadas na Tabela 3-3.

**Tabela 3-3 Localização das estruturas de contenção [14]**

Localização	Estrutura de Contenção	Solução preconizada	Ponto Quilométrico (PK)		Extensão (m)	Lado da Via
			PK <sub>inicial</sub>	PK <sub>final</sub>		
Midões	EC1A	Muro de betão armado, fundado por microestacas	45+724.250	45770.650	46.400	Direito
	EC1B		45+777.760	45+840.000	62.240	Direito
Barroselas	EC2A		67+285.000	67+419.000	134.000	Esquerdo
	EC2B		67+500.000	67+555.000	55.000	Esquerdo
	EC3		67+787.250	67+824.110	36.860	Esquerdo
	EC4		67+835.850	67+935.000	99.150	Esquerdo
	EC5	Muro de betão armado, com fundação direta	67+935.000	67+980.000	45.000	Esquerdo

### 3.4.6 Caminho de cabos e sinalização

O caminho de cabos e sinalização é complementar aos projetos de catenária, RCT+TP, via e alteamento de plataformas, pelo que é necessário assegurar a interligação e compatibilização de todos os projetos, sendo que todas as atividades que afetem os caminhos de cabos de telecomunicações devem ser acompanhados por técnicos da IP Telecom.

#### 3.4.6.1 Caminho de cabos

O caminho de cabos permite a pré-instalação de infraestruturas, a qual será utilizada pela futura sinalização eletrónica a aplicar, sendo que com a necessidade de abertura da vala para a instalação do CdTE e RCT+TP, tornou-se assim possível a compatibilização desta atividade com a instalação de tubagens, as quais serão utilizadas para a passagem dos cabos de sinalização eletrónica do troço [12].

Este sistema tem como principal objetivo servir como infraestrutura base para a passagem dos cabos da sinalização eletrónica futura (sendo esta executada numa empreitada autónoma), cabos de catenária e RCT+TP, e ainda cabos de sinalização aéreos a enterrar.

#### 3.4.6.2 Sinalização

Relativamente à sinalização, foi necessário executar diversas modificações ao sistema existente, ao *layout* de diversas estações e apeadeiros, e ainda às passagens de nível, tudo isto devido às condicionantes da eletrificação. Tendo em conta a abertura de uma vala para o lançamento do CdTE, aproveitou-se a oportunidade para apear e enterrar os cabos auto suportados de sinalização existentes ao longo do troço [12].



## 4. A EMPREITADA

### 4.1 Pressupostos e condicionalismos

A empreitada de suporte à realização do estágio tem como principal objetivo materializar o projeto patenteado a concurso para efetivar a melhoria das condições do transporte de mercadorias e tornar o transporte ferroviário mais competitivo na Linha do Minho. Conforme já referido, as intervenções levadas a cabo visam permitir a exploração comercial com material circulante de tração elétrica, dotando o troço de estações técnicas para o cruzamento de comboios, adequando os *layouts* existentes.

De acordo com o relatório elaborado pelo gabinete de estudos de exploração da REFER em Junho de 2013 e instruções complementares da IP, o troço entre Nine e Viana do Castelo, necessitava de estar dotado de estações com linhas de resguardo com comprimentos úteis até 750 m, e espaçadas de 20 a 25 km, assim, de modo a responder a esta necessidade foram alterado os *layouts* das estações de Midões, Barroselas e Darque.

Na reabilitação das plataformas de passageiros de estações e apeadeiros, foi adoptado um desnível de 0.685 m em relação à cota superior dos carris, isto é, fila baixa, numa extensão de 80m, por forma a garantir a compatibilidade com o material circulante de tração elétrica. Nos trabalhos de alteamento foi contemplado o sistema de iluminação, redes elétricas, redes de águas, redes de esgotos e rede de incêndios, e toda a sinalética associada.

Tendo em conta a implementação do sistema de sinalização eletrónico, a infraestrutura ferroviária encontra-se dotada com um sistema de RCT+TP e caminho de cabos em toda a extensão da empreitada, existindo na sua execução uma correta compatibilização com as restantes especialidades.

Os túneis de São Miguel da Carreira, Tamel e Santa Lucrecia foram alvo de intervenção, por forma a garantir a impermeabilização ao longo de toda a sua extensão, numa faixa sobre as zonas do fio de contacto, apoios de catenária e armamento de via.

Nos taludes de São Miguel da Carreira e Darque, foram efetuados trabalhos pontuais de estabilização, através do reperfilamento e execução de muros de espera em betão ciclópico, por forma a aumentar a fiabilidade da exploração.

A empreitada incide sobre um eixo ferroviário do país que possui grande oferta comercial no que respeita ao transporte de mercadorias e passageiros, criando assim preocupações acrescidas no que se refere à minimização do impacto da empreitada na circulação regular dos comboios, sendo esta uma premissa da maior relevância.

Este canal ferroviário em plena via encontra-se inserido num ambiente predominantemente rural, sendo que existem zonas com uma densidade populacional mediana, nomeadamente na proximidade das estações e apeadeiros, tendo associados diversos arruamentos adjacentes à linha ferroviária. Desta forma, foram detetados vários condicionamentos, nomeadamente ao nível das seguintes vertentes:

- Ferroviários, rodoviários e pedonais.
- Acessos e espaço.
- Orográficos, climatérios e hidráulicos.
- Estruturas existentes.
- Redes de serviços existentes.
- Arqueológicos.
- Técnicos e operacionais.

#### 4.1.1 Ferroviários, rodoviários e pedonais

O principal constrangimento ferroviário prendeu-se com o facto da presente empreitada se desenvolver numa linha única em exploração ferroviária, com estações e apeadeiros em funcionamento, o que obrigou à implementação de um faseamento construtivo detalhado que minimizou a interferência com a regular circulação dos comboios.

A diretriz da via férrea desenvolve-se em alguns troços segundo curvas de pequeno raio com visibilidade reduzida e reduzido gabarito vertical, nomeadamente na zona das PS, tendo o troço entre Nine e Viana do Castelo uma velocidade máxima tabelada de 120 Km/h.

Nos trabalhos executados em período de normal exploração ferroviária foram implementados limites de velocidade máxima das circulações. No entanto, para os trabalhos noturnos e tendo em conta a sua natureza, existiu a necessidade de considerar períodos de interdição de via, os quais foram definidos pela IP, tendo uma margem de tempo suplementar admissível de 3 minutos, tendo sido utilizados os seguintes períodos:

- Interdições de 6 horas todas as noites, entre as estações de Nine e Viana do Castelo.
- Interdições de 11 horas ao fim de semana, para a atividade de assentamento de AMV e respetivos trabalhos de terraplenagem e drenagem.
- Fins de semana de 52 horas, para os trabalhos de rebaixamento de plataforma de via.

Por outro lado, a nível rodoviário também foram identificados condicionalismos, pois os locais próximos de estações e apeadeiros, caracterizam-se como zonas urbanas tendo associadas diversas passagens de nível rodoviárias, o que levou à necessidade de implementação de um plano de sinalização adequado e condicionamentos rodoviários provisórios, por forma a assegurar as devidas condições de segurança aquando a circulação.

Em algumas das zonas alvo de intervenção existiu contacto com circulações pedonais, nomeadamente nas zonas das estações e apeadeiros, áreas urbanas e passagens de nível pedonais. Nos casos em que os trabalhos “colidiram” com a circulação pedonal, foram estabelecidos percursos independentes e diversas proteções para o afastamento dos utentes da zona dos trabalhos.

#### **4.1.2 Acessos e espaços**

O espaço disponível ao longo do troço é reduzido para o posicionamento de trabalhadores, equipamentos e materiais, aquando a passagem de material circulante. Desta forma o acesso à frente dos trabalhos<sup>5</sup>, realizou-se pelo canal ferroviário, nos períodos de interdição, acessos rodoviários existentes ao longo da linha, terrenos adjacentes, passagens de nível, passeios de via, ou em situações pontuais criando novos acessos à frente de obra, tendo sido repostas as condições iniciais após a finalização das atividades.

O posto de abastecimento de combustível localizado na estação de Viana do Castelo, foi identificado como uma situação de risco, tendo sido contempladas diversas medidas de segurança atendendo à execução dos maciços de catenária nas suas imediações, pois a escavação realizada poderia interferir nomeadamente com o depósito de separação de hidrocarbonetos ou com as tubagens de combustível ali instaladas.

#### **4.1.3 Orográficos, climatéricos e hidráulicos**

Em termos orográficos verificaram-se situações de risco nas atividades de estabilização de taludes e estruturas de contenção, decorrentes da existência de taludes que se desenvolveram com geometria, altura e inclinação acentuada.

As condições meteorológicas que ocorreram ao longo da obra, foram também condicionantes nas atividades de terraplenagem, pois a conjuntura climatérica adversa<sup>6</sup>, pontenciou situações de instabilidade devido à saturação dos solos, obrigando assim a um faseamento e enquadramento correto, tendo como principal meta a compatibilização destes operações no tempo e no espaço. No caso particular da construção do aterro em Midões existiram dificuldades aquando o “crescimento” do aterro, uma vez que os solos provenientes de uma mancha de empréstimo se encontravam fortemente saturados, dificultando assim a sua compactação e posterior garantia de qualidade de execução.

Por sua vez, a presença de água e as suas condições de escoamento, constituíram um acréscimo do fator de risco à execução das atividades, tendo sido assim feitos trabalhos de

---

<sup>5</sup> Tendo sempre presente o cumprimento dos normativos vigentes em matéria de segurança

<sup>6</sup> Períodos significativos de chuva, por vezes intensa e duradora

reencaminhamento de águas com o objetivo de melhorar as condições hidrológicas das zonas onde existiu movimentação de terras.

#### 4.1.4 Estruturas existentes

A existência de estruturas ao longo do traçado, como passagens superiores, passagens inferiores, pontes, túneis e edificações, constituiu um elevado constrangimento ao tipo de soluções adotadas para a execução dos trabalhos e rendimentos expectáveis, tendo merecido especiais medidas de proteção, de modo a prevenir e minimizar interferências com a estabilidade das estruturas existentes e da plataforma ferroviária.

As obras de arte condicionaram a execução dos trabalhos, nomeadamente em relação à movimentação de materiais, equipamentos e realização de escavações na proximidade dos elementos de suporte (pilares e encontros), tendo sido necessário garantir a não invasão do gabarito vertical e horizontal. Por sua vez os trabalhos realizados nos tabuleiros metálicos das pontes sobre o Rio Cávado e Rio Lima e no viaduto de Durrães, mereceram especial atenção, por se tratarem de obras de arte com um elevado valor arquitetónico.

Na Tabela 4-1 apresentam-se as obras de arte, túneis, estações e apeadeiros que foram identificados como estruturas existentes condicionantes à execução de trabalhos específicos da empreitada.

**Tabela 4-1 Estruturas existentes ao longo do troço Nine/Viana do Castelo [8]**

PK	Estruturas Existentes	PK	Estruturas Existentes
39+392	PSP	66+357	Ponto do Neiva
39+580	PSP	67+220	PI
39+842	PSP	67+850	PI
40+367	PI do Landeiro	68+750	PI
41+719 a 41+979	Túnel de São Miguel da Carreira	68+137	Estação de Barroselas
43+026	PSR	69+100	PI
43+078	Apeadeiro da Carreira	69+171	PH
43+450	PI	69+807	Apeadeiro de Sr. <sup>a</sup> das Neves
44+770	PH	69+959	PS
45+200	PI	69+975	PS
45+960	PI	71+250	PI
46+046	Estação de Midões	71+369	Apeadeiro de Alvarães
47+752	PSR	71+689	PS
48+026	Viaduto da A11	72+050	PI
49+017	PI	73+248	PH
49+519	Ponte do Cávado	74+091	PSR
49+676	PI	74+600	PI
50+289	Estação de Barcelos	75+310	PS
50+622	Viaduto	75+610	PS
52+459	PI	75+650	PI
54+007	Apeadeiro de Silva	76+777	Estação de Darque
54+197	PI	76+915	PSR
54+515	PI	77+187	PSR
55+329	PSR	78+300	Apeadeiro de Areia-Darque
57+175	Apeadeiro de Carapeços	79+400	PI
58+812 a 59+739	Túnel de Tamel	80+000	Ponte do Rio Lima
59+980	Estação de Tamel	80+323	Viaduto de acesso
60+863	PS	81+587	PIP
61+379	PS	81+653	Estação de Viana do Castelo
61+699	PH	82+245	PSR
63+150 a 63+381	Túnel de Santa Lucrecia	82+361	PS
65+336	PSR	82+438	PSR

As habitações e restantes estruturas na envolvente das estruturas de contenção executadas em Barroelas e no talude estabilizado em Darque, revelaram-se situações a ter especial atenção, por forma a prevenir e minimizar as interferências com a estabilidade das edificações e estruturas.

#### **4.1.5 Redes de serviços existentes**

A presença de infraestruturas aéreas e enterradas no local da intervenção tornou-se um constrangimento a ter em conta, pelo que foi importante a identificação de todas as redes que pudessem interferir com a realização dos trabalhos. Desta forma foi necessária a retirada de diversos serviços afetados, tais como atravessamentos aéreos de redes de média e baixa tensão, condutas de água e ainda de telecomunicações.

No caso de infraestruturas aéreas, a existência de rede de energia elétrica paralela ou cruzada à linha férrea constituiu uma situação de risco. Os postes de alta, média e baixa tensão, iluminação, telecomunicações e antenas interferiram nos trabalhos associados ao alteamento de plataformas das estações e apeadeiros.

Relativamente aos cabos de fibra óptica aéreos e cabos de sinalização foram removidos previamente ao início dos trabalhos de catenária, por forma a não serem danificados, o que impactou com a produção. Por outro lado, as condutas aéreas de água que cruzavam a via férrea foram removidas e foi criada uma alternativa ao abastecimento de água às habitações envolventes.

Ao longo do troço existem diversas infraestruturas enterradas no passeio de via, desde caminho de cabos, sinalização até telecomunicações, as quais tiveram que ser mantidas e em constante funcionamento, tendo assim sido realizado um desvio e uma proteção provisória destes serviços e posterior posicionamento.

Assim a existência de monotubos ao longo da via condicionou os trabalhos tanto na execução das estações técnicas como nos rebaixamentos de via. Já a presença de linha subterrânea de baixa tensão de iluminação pública e as infraestruturas de abastecimento de água e drenagem pluviais influenciou o rendimento de execução das estruturas de contenção.

Todas estas atividades de remoção e reposição foram realizadas com o acompanhamento e supervisão da IP Telecom através de técnicos habilitados para o efeito.

#### **4.1.6 Arqueológicos**

A equipa arqueológica colocada em campo teve como principal objetivo detetar as diversas ocorrências arqueológicas, designadamente, estruturas enterradas não cadastradas, existindo assim posteriormente a necessidade de uma correta avaliação e caracterização desses achados, a par da aprovação da tutela para as medidas minimizadoras propostas.

Todos os achados arqueológicos, em particular, na zona de Viana do Castelo, condicionaram localmente a progressão da empreitada, existindo assim uma perda de rendimento e produtividade nas atividades de abertura de caminho de cabos e maciços de catenária. Desta forma no decorrer da empreitada foram verificadas diversas ocorrências, elencando-se em seguida as mais relevantes:

- No decorrer da abertura de valas junto ao edifício da estação de Viana do Castelo, detetou-se um aqueduto com estrutura pétreo trabalhada em granito, estando esta mesma estrutura relacionada com o antigo sistema de drenagem de águas pluvias da estação ferroviária, o qual se encontra sobre um convento já demolido no século IX. Como medida de minimização adotou-se a aplicação de uma manta geotêxtil e a respetiva selagem para estabilização da estrutura, e ainda o registo gráfico e fotográfico.
- No processo de execução de caboucos para maciços de fundação dos postes de catenária e respetivas espias, na proximidade da estação de Viana do Castelo, foram detetadas estruturas pétreas, desde antigos aquedutos a muros.

Nas situações em que os trabalhos afetavam totalmente a estrutura preconizou-se a alteração da zona a escavar, por forma a não interferir com a estrutura e a garantir os parâmetros de dimensionamento.

Por outro lado, onde não existiu uma afetação direta procedeu-se à entivação em madeira entre a estrutura e o cabouco com um espaço de 0.30 m para impedir uma possível passagem de betão para a estrutura, sendo aplicado em simultâneo uma manta geotêxtil e posterior recobrimento em terra, sem esquecer os registos, tanto a nível gráfico como fotográfico, tendo estas situações ocorrido em 14 postes e 2 espias.

- Durante a execução do caminho de cabos na estação de Viana do Castelo detetou-se um aqueduto ao PK 81+000, não tendo esta infraestrutura causado qualquer impacto na estrutura, no entanto protegeu-se a mesma com uma camada de saibro e terras.
- Na estação de Barcelos aquando da abertura de valas para implantação de muros e caboucos foi detetada uma estratigrafia simples composta apenas por depósitos de aterro de coloração castanha com pedra miúda e material de construção, tratando-se porventura do aterro para a implantação da plataforma do apeadeiro, tendo também sido detetado um aqueduto quando se realizou o caminho de cabos, não tendo este sofrido qualquer afetação.
- Na abertura de sete caboucos para a implantação de postes de catenária na Zona Neutra em Nine, detetou-se uma evidência arqueológica, a qual se tratava de uma estrutura hidráulica de escoamento de águas do túnel de São Miguel da Carreira.

Desta forma como medida mitigadora, foram aplicada uma manta geotêxtil reforçada e uma camada de saibro de 0.30 m nas zonas a descoberto.

#### **4.1.7 Condicionalismos técnicos e operacionais**

Em virtude do troço em exploração ser em via única, a estratégia ponderada para a realização dos trabalhos considerou os seguintes condicionalismos técnicos e operacionais:

- Períodos de interdição disponíveis para a execução dos trabalhos da empreitada.
- Execução de trabalhos de reabilitação integral de via (RIV) em período noturno, onde a circulação será interdita.
- Identificação dos trabalhos a realizar, nomeadamente, ripagens, alterações de rasante, desguarnecimento com depuração, colocação de geogrelhas em troços a desguarnecer com depuração.
- Reconhecimento das restrições locais à execução dos trabalhos devido a estruturas singulares, como pontes, viadutos e cais de passageiros.
- Reduzido número e extensão de linhas disponibilizadas para o estacionamento dos equipamentos ferroviários.
- Localização das linhas disponibilizadas para o estacionamento dos equipamentos ferroviários e a sua compatibilização com o faseamento e sentido de execução dos trabalhos.
- Existência de reduzidos acessos rodoviários ao troço a interencionar.
- Espaços exíguos para armazenamento de materiais levantados, e a assentar.

#### **4.2 Organização da empreitada**

Para a realização da empreitada, as empresas Mota-Engil, Engenharia e Construção S.A. (MEEC) e SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A. (Somafel) encontram-se associadas em Consórcio Externo em Regime de Responsabilidade Solidária, de acordo com o preconizado no Programa de Concurso.

As empresas que constituem o Consórcio possuem uma vasta experiência no mercado ferroviário nacional e internacional, tendo já executado diversas obras ferroviárias em conjunto, dispondo assim de recursos humanos especializados e de equipamentos adequados à realização da empreitada.

Desta forma a reunião das empresas permite que exista facilidade de colocação em obra de recursos humanos, de equipamentos e meios financeiros em volume igualmente compatível com a dimensão do empreendimento.

Um empreendimento com esta dimensão e complexidade implica que exista uma organização eficiente, por forma a cumprir de forma cabral e eficaz os objetivos preconizados em sede de projeto de execução, desta forma, a empreitada deve estar dotada do seguinte:

- Quadros Técnicos com experiência nas especialidades exigidas no CE.
- Meios de produção<sup>7</sup> devidamente ajustados ao desenvolvimento das tarefas.
- Sistemas de gestão do empreendimentos lineares e hierarquizados.
- Comunicação unívoca e simplificada entre a entidade executante, dono de obra e fiscalização.

#### 4.2.1 Equipa técnica

A entidade executante é composta por uma equipa técnica que possui responsabilidades nas diversas especialidades da empreitada, sendo que as funções associadas a esses mesmos colaboradores são alvo de requisitos e competências mínimas, as quais são avaliadas pelo grau de ensino, formação, conhecimento e experiência.

Para a gestão direta da empreitada foi nomeado um diretor técnico qualificado, de expressivo currículo, que arca com a responsabilidade de acompanhar os trabalhos e de orientar todos os sectores diretamente ligados ao desenvolvimento do empreendimento e que deverá estar sempre presente no local da obra, tendo ainda a cargo a coordenação do diálogo com a entidade fiscalizadora, por forma a garantir a existência de um interlocutor único e perfeitamente identificado.

Ao diretor técnico, detentor de larga experiência em obras desta natureza, possuindo as diversas qualificações profissionais exigíveis nos termos da Lei n.º 31/2009, de 3 de julho e da Portaria 1379/2009, de 30 de outubro, atendendo a que a presente empreitada se classifica como sendo de Categoria IV, são atribuídas as funções referidas em seguida [6], [23], [35], [36]:

- Analisar o projeto e os restantes documentos contratuais da empreitada.
- Reunir periodicamente a equipa de produção por forma a preparar a reunião de obra.
- Relatar, superiormente e de forma periódica o cumprimento dos objetivos.
- Aprovar internamente os Planos de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.
- Coordenar a interligação entre os diversos responsáveis dos trabalhos.

A coordenação dos trabalhos de cada especialidade da presente empreitada compete a um engenheiro, cujas habilitações profissionais são adequadas ao desempenho das funções de responsável de trabalhos, esplanadas nos seguintes pontos [6], [23]:

- Estudar o projeto por forma a planear, dirigir e coordenar as atividades de construção.
- Registrar todas as alterações, ou modificações, propostas e aprovadas, em relação ao contrato original, e verificar a sua implementação em obra.

---

<sup>7</sup> Equipas de trabalho devidamente habilitadas e coordenadas, bem como equipamentos adequados e certificados

- Planear e dirigir as atividades diárias, bem como a organização das equipas, assegurando a qualidade da sua execução, de acordo com o programa de trabalhos e demais especificações técnicas.
- Rever periodicamente, em conjunto com a equipa de produção, a evolução geral dos trabalhos, por forma a garantir a conclusão dos trabalhos nas datas fixadas, assegurando a otimização dos recursos e o cumprimento dos padrões de produção.
- Supervisionar o trabalho administrativo e dirigir a sua aplicação prática.
- Manter informado, o diretor de obra, sobre a qualidade dos fornecedores e/ou subempreiteiros que participam na empreitada, tendo em conta as condições adequadas.

Para cada especialidade existe um responsável permanente com a categoria de encarregado geral, auxiliado por um ou mais arvorados ou chefes de equipa, que realiza a coordenação de todas as frentes e o planeamento da execução da obra na frente dos trabalhos. Este mesmo encarregado deve abarcar as funções indicadas em seguida [6], [23]:

- Executar os programas de produção de acordo com as instruções transmitidas pelo engenheiro responsável dos trabalhos, tendo em conta os recursos disponíveis.
- Elaborar o planeamento dos trabalhos em conjunto com os superiores, avaliando as necessidades de materiais, mão-de-obra e equipamentos, por forma a cumprir os prazos.
- Supervisar e distribuir os trabalhos nas diversas fases de execução e controlar a sua boa execução, tendo que recolher, verificar e transmitir ao responsável dos trabalhos os relatórios diários das equipas alocadas.
- Zelar pela aplicação das normas de prevenção e segurança, comunicando as eventuais situações anómalas e não conformidades detetadas, colaborando no esclarecimento das suas causas.

A Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho encontra-se assegurada<sup>8</sup>, por um Gestor do Sistema da Segurança e Saúde do Trabalho, CAP V, com reconhecida experiência em Gestão da Segurança em obras da tipologia da presente empreitada, estando este assessorado por um técnico de segurança CAP II. Os referidos técnicos da equipa da Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho assegurarão o cumprimento do disposto no artigo 98º da Lei n.º102/2009, de 10 de setembro. Desta forma, o responsável pela gestão deste sistema deve [6], [23], [37]:

- Complementar e aplicar o PSS, inspecionando as condições e os locais de trabalho através de uma correta avaliação e inspeção à frente de trabalhos.

---

<sup>8</sup> No cumprimento do artigo 73º e do artigo 100º da Lei n.º102/2009, de 10 de setembro

- 
- Identificar e avaliar os riscos para a segurança e a saúde nos locais de trabalho, por forma a informar e transmitir aos trabalhadores os riscos para a segurança e saúde, bem como a aplicação das medidas de prevenção e proteção.
  - Planear a prevenção, integrando, a todos os níveis e para o conjunto de atividades da obra, a avaliação dos riscos e as respetivas medidas de prevenção.
  - Providenciar os meios destinados à proteção e prevenção, coletiva e individual, bem como toda a sinalização de segurança necessária.
  - Analisar os acidentes de trabalho, recolhendo os elementos estatísticos relativos à segurança da obra.
  - Inspeções de segurança sobre o controlo e grau de riscos e sobre a observância das normas e medidas de prevenção nos locais de trabalho.

O Sistema de Gestão da Qualidade e Ambiente é assegurado por gestores que possuem conhecimentos e competência sobre estas mesmas atividades e formação específica em qualidade e ambiente. Estes gestores possuem as seguintes funções [6], [23]:

- Dirigir e acompanhar o desenvolvimento dos sistemas de gestão, aplicando o que se encontra definido nos respetivos planos e manuais.
- Formar, informar, sensibilizar e esclarecer todos os colaboradores na execução da obra sobre as questões inerentes aos sistemas de gestão.
- Realizar auditorias para avaliação do cumprimento da legislação aplicável e dos compromissos assumidos, deteção de não conformidades e proposta de ações corretivas.
- Garantir que são efetuadas as inspeções e o controlo das atividades, tendo em conta a evolução da obra e as diferentes especialidades.
- Acompanhar a implementação do planeamento das atividades operacionais, isto é, verificar os procedimentos e planos de monitorização e medição.
- Verificar aleatoriamente as condições de armazenamento dos materiais e zelar pela sua não deterioração, sem esquecer a calibração de todos os equipamentos de medição e monitorização (EMM) de acordo com o plano de calibração e verificação.

A equipa de topografia realiza os cálculos e marcações topográficas necessárias para as especialidades de via-férrea, catenária, construção civil, terraplanagem e drenagem, estando presente permanentemente em todas as fases da empreitada.

Os serviços administrativos colaboram na primeira linha com toda a equipa técnica, tendo um papel fundamental no relacionamento com os serviços externos, realizando as seguintes tarefas [6], [23]:

- Organizar e assegurar as condições de armazenamento e preservação de materiais e equipamentos.

- Tratamento de informação relevante para a boa gestão da obra, conforme critérios definidos, registando diariamente o ponto do pessoal afeto à obra e controlando os documentos de entrada de matérias-primas e da entrega do produto.
- Organizar e manter atualizado o ficheiro de stocks, registando as entradas e saídas de matérias primas na obra, com a colaboração do responsável pelos equipamentos.
- Preencher notas de encomenda a solicitar matérias-primas.

#### 4.2.2 Estaleiro

Com vista a apoiar a execução da empreitada foi montado um estaleiro central na estação ferroviária de Barcelos, o qual contempla as necessidades da estrutura de coordenação, da fiscalização da obra, das empresas consorciadas e dos respetivos subempreiteiros. Neste mesmo estaleiro ficam localizados os escritórios do consórcio e da fiscalização, o parque de catenária e as diversas ferramentarias.

Para além do estaleiro central foram utilizadas áreas vedadas com vedação tipo “*bekaert*” para armazenamento de materiais de construção civil para as frentes de obra. Estes estaleiros ou áreas de armazenamento de materiais encontravam-se situadas nos apeadeiros e estações que sofreram intervenções no âmbito desta empreitada.

A localização do estaleiro central permite um acesso rápido aos locais de trabalho, à preparação dos meios necessários para fornecimento e colocação em obra de materiais diversos, equipamentos e o acondicionamento de cargas e deslocação do pessoal e viaturas para as frentes de trabalho comuns.

De acordo com a localização dos trabalhos e o sentido de execução dos mesmos, foram utilizadas linhas de resguardo disponibilizadas pela IP para estacionamento dos equipamentos ferroviários nas estações de Nine, Barcelos, Tamel, Barroelas, Darque e Viana do Castelo.

O estaleiro central contempla ainda uma oficina e parque de materiais de catenária, onde foram executadas todas as montagens que se podem executar em oficina, ficando aqui também armazenados todos os materiais de cobre existentes na catenária. De salientar que as montagens executadas na oficina se encontram etiquetadas para uma melhor identificação na montagem em obra.

#### 4.2.3 Preparação de obra

Imediatamente após a adjudicação, a equipa técnica da direcção de obra desenvolveu o seguinte conjunto de actividades de preparação para assegurar um normal desenvolvimento dos trabalhos [6]:

- Negociação e contratação do seguro de obra.
- Análise detalhada dos documentos do contrato.

- Preparação dos dossiers de documentos para a obra.
- Verificação em pormenor do projeto, interfaces e medições.
- Elaboração do programa de trabalhos definitivo.
- Desenvolvimento dos planos de segurança, qualidade e ambiente.
- Conceção do plano de aprovisionamentos da empreitada.
- Definição da localização e projeto do estaleiro.
- Confirmação dos recursos de mão de obra e equipamentos a afetar, e definição da sua data de entrada em obra.

O planeamento e programação detalhada dos trabalhos foram estabelecidos, após uma análise pormenorizada de todos os elementos de projeto, pela equipa de direção e produção, com o envolvimento dos encarregados das especialidades envolvendo igualmente uma visita ao troço a modernizar, permitindo assim traçar uma estratégia de execução da empreitada, ficando esta patente no plano de trabalhos.

O plano de trabalhos indica o escalonamento temporal e o encadeamento das diversas tarefas previstas, tendo tido em conta os seguintes aspetos na sua elaboração:

- Os condicionalismos ligados à exploração, como o regime de exploração da via, os tempos de interdição, e os locais disponíveis para resguardo dos equipamentos e depósito de materiais.
- As várias disposições contidas no CE.
- A sequencialidade lógica entre as diversas atividades, os processos construtivos envolvidos, a racionalização da utilização dos recursos, os aspetos ligados à segurança e, naturalmente, o cumprimento dos prazos parcelares e total, estabelecidos pelo dono de obra.
- A otimização dos recursos afetos às atividades no sentido de manter, sempre que possível, uma continuidade na execução dos trabalhos, minimizando paragens e períodos de inatividade dos meios envolvidos.
- O interesse em tornar visíveis as atividades condicionantes e/ou críticas no cumprimento do prazo de execução, permitindo uma leitura adequada do caminho crítico traçado pelo programa.
- Os rendimentos expectáveis, dependentes do método construtivo mas também, naturalmente, da extensão e características específicas do troço a intervencionar.
- O proveito em obter uma distribuição o mais regular possível da carga de equipamento e mão de obra ao longo do tempo, de forma a obter as melhores condições técnicas e económicas.

O planeamento e metodologias apresentadas no plano de trabalhos espelham a capacidade e a qualidade técnica por parte do empreiteiro para mobilizar os meios materiais e humanos

---

para a conceção da modernização, sendo que na fase de preparação dos trabalhos ocorreram ajustamentos de pormenor, definindo com precisão as datas de início e conclusão de um dado trabalho, bem como a sequência, o escalonamento no tempo, o intervalo e o rendimento previsto para as diversas espécies de trabalhos, respeitando sempre o prazo de conclusão da obra estabelecido pelo dono de obra.

A presente intervenção teve por base um faseamento, onde foram definidas datas chave para a execução de determinados trabalhos, de uma forma simplista o faseamento da empreitada divide-se em quatro fases:

- **Fase 1:** Montagem do estaleiro e trabalhos preparatórios para a realização da empreitada.
- **Fase 2:** Realização de todos os trabalhos desde a estação de Darque (inclusive) até ao fim da intervenção, Viana do Castelo (PK 83+800).
- **Fase 3:** Conceção da totalidade dos trabalhos desde o início da intervenção, Nine (PK 39+400), até à estação de Darque (exclusive).
- **Fase 4:** Trabalhos finais, onde se incluem os trabalhos finais no que concerne às especialidades de via e catenária (esmerilagem preventiva, piquetagem, ensaios e levantamento de afrouxamentos) e a desmontagem do estaleiro.

#### 4.2.4 Aprovisionamentos

O plano de aprovisionamento de materiais é um documento fundamental para a garantia dos prazos previstos para chegada dos materiais à obra, devendo assim existir uma correta articulação e coordenação na sua elaboração por forma a permitir o normal desenvolvimento da obra.

O fornecimento dos materiais a aplicar na empreitada podem ser da responsabilidade do empreiteiro ou do dono de obra, no entanto, deve ser assegurado a gestão do acervo documental da totalidade dos materiais incorporados na obra, documentação esta que será parte integrante do processo de qualidade.

##### 4.2.4.1 Via férrea

O dono de obra, conforme definido no CE, teve a responsabilidade de fornecimento dos materiais de superestrutura de via indicados em seguida [9]:

- AMV novos tg 0.0728, geometria “Tipo” Cogifer, com travessas Azobé e carril 54E1, sendo 4 rectos e 1 encurvado em CEX (AMV 5, na estação de Darque).
- Carril 54E1 em barras de comprimento de 72 m, destinado ao novo armamento de via a instalar ao longo dos locais de intervenção.

- Travessas Bibloco para a execução dos ramos desviados nas estações técnicas, equipadas com fixações Nabla.
- Travessas de madeira de pinho e conjuntos de fixação (tipo Nabla) para as intervenções pontuais na estação de Darque e para o rebaixamento de via nas PS depois da Estação de Viana do Castelo.

Por sua vez, o empreiteiro teve a responsabilidade de fornecer os seguintes materiais [9]:

- Balastro de pedreira devidamente homologada.
- Postes quilométricos e marcos hectométricos.
- Kits de soldadura aluminotérmica e consumíveis para carril 54E1 e 60E1.
- Juntas Isolantes Coladas.
- Estrados de passagens de nível e passagens pedonais.

#### **4.2.4.2 Catenária**

Os materiais de catenária são fabricados por fornecedores devidamente certificados, e posteriormente trabalhados em oficina, tendo sido fornecido pelo empreiteiro os seguintes materiais [11]:

- Metalomecânica (materiais em perfis de aço galvanizado a quente).
- Isoladores cerâmicos de fabrico nacionais e sintéticos a importar.
- Consolas em tubos de aço galvanizados sem costura.
- Fundidos e laminados de bronze.
- Fundidos de ferro do tipo esferoidal galvanizado.
- Cabos e fios de cobre e de alumínio.
- Isoladores de secção.
- Aparelhagem elétrica.

#### **4.2.4.3 Construção civil**

Os materiais associados à construção civil foram fornecidos através de encomendas, sendo que esses mesmos contratos e procedimentos ficaram assegurados com uma adequada avaliação, seleção e supervisão de subempreiteiros, fornecedores, produtos, matérias-primas, equipamentos e serviços a adquirir, tendo em conta o cumprimento dos requisitos contratuais, de qualidade, de desempenho das tarefas e de datas de entrega a respeitar.

### 4.3 Faseamento construtivo da especialidade de via férrea

#### 4.3.1 Considerandos iniciais

O faseamento construtivo da especialidade de via férrea, em particular as estações técnicas, é estruturado segundo os principais condicionalismos impostos pela exploração ferroviária anteriormente indicados, devendo assim ser respeitados os seus requisitos e pressupostos aquando a sua execução, bem como as imposições das interdependências dos restantes trabalhos a realizar.

Os trabalhos a realizar na infraestrutura ferroviária devem respeitar, entre outras, o definido na Instrução de Exploração Técnica n.º 77 relativa a Normas e Procedimentos de Segurança em Trabalhos de Infraestruturas, bem como no RGS XII - Vias Interditas à Circulação. Assim, todas as atividades tiveram associado um afrouxamento de 30 km/h e um acompanhamento permanente por parte de uma equipa da IP Telecom [4], [34].

As condições de exploração asseguradas durante a execução dos trabalhos de eletrificação e reabilitação, atenderam à minimização dos efeitos da obra na oferta comercial, contribuindo para uma melhor compatibilização entre as necessidades comerciais dos diversos operadores ferroviários. Desta forma, de acordo com a natureza dos trabalhos associados à intervenção, foram considerados para o faseamento construtivo os períodos para as interdições de via indicados no ponto 4.1.1.

O faseamento da empreitada considerou como pressuposto que, nas interdições de 6 horas, existiram diversas frentes de trabalhos em simultâneo e em diferentes locais ao longo desta intervenção na Linha do Minho, sendo necessário recorrer às interdições alargadas acima elencadas e esquematizadas de uma forma generalista na Tabela 4-2.

**Tabela 4-2 Interdições alargadas das zonas a intervencionar [8]**

Principais trabalhos	Interdições alargadas
<b>Rebaixamento na PS do apeadeiro de São Miguel da Carreira</b>	
Rebaixamento de plataforma de via entre o PK 42+329 e 43+715	3 interdições de 52 horas
<b>Estação Técnica de Midões</b>	
Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 1 ao PK 44+440	2 interdições de 11 horas
Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 2 ao PK 46+400	
<b>Estação Técnica de Barroelas</b>	
Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 2 ao PK 68+345 e desativação do AMV	2 interdições de 11 horas
Remoção do AMV 2 existente ao PK 68+474	
Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 1 ao PK 67+234	
<b>Estação Técnica de Darque</b>	
Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 5 ao PK 77+120	1 interdições de 11 horas
<b>Rebaixamento nas PS a Norte da estação de Viana do Castelo</b>	
Rebaixamento de plataforma de via entre o PK 82+040 e 82+800	7 interdições de 52 horas

### 4.3.2 Rebaixamento de via em São Miguel da Carreira

A passagem superior localizado ao PK 43+026, a Sul do apeadeiro de São Miguel da Carreira, comprovou a necessidade de executar rebaixamento de via entre os PK's 42+435 e 43+270, por forma a assegurar o *gabarito* de eletrificação.

Numa fase inicial procedeu-se à execução de uma plataforma de passageiros provisória no apeadeiro bem como os respetivos acessos, pois tendo em conta o rebaixamento de via foi necessário demolir os muros cais da plataforma existente e permitir o acesso futuro por forma a serem instalados os muros cais pré-fabricados, tendo assim existido uma correta coordenação entre os trabalhos de rebaixamento de via e construção civil a nível do alteamento das plataformas.

Na zona de plena via onde existiu o rebaixamento da rasante de via, em particular entre os PK's 42+800 e 43+190, existiram trabalhos preparatórios para levantamento de via, incluindo a passagem a barra curta, desguarnecimento e baldeamento de monotubos existentes, ficando a via limitada a uma velocidade de 30 km/h. Nesta fase foram também executados maciços de catenária em coordenação com o caminho de cabos e drenagem.

Posteriormente aos trabalhos acima descritos procedeu-se de forma faseada às seguintes atividades [20], [22]:

- Levantamento da via existente por tramos.
- Construção da nova plataforma de via.
- Execução de caminho de cabos.
- Trabalho de terraplenagem e drenagem.
- Assentamento de via por tramos.
- Balastragem e ataques de via.

Realizados os primeiros ataques de via tornou-se possível proceder à substituição do carril existente (barra curta), por carril novo, permitindo assim a finalização das descargas de balastro e realizar o ataque definitivo, bem como as respetivas soldaduras. Foi também necessário proceder à regularização em toda a zona da curva até às retas adjacentes, entre o PK 42+435 e o PK 43+270, possibilitando assim a atividade de regularização de barras.

Desta forma a intervenção neste rebaixamento consumiu 5 semanas, incluindo as 2 interdições prolongadas de fim de semana de 52 horas, para além das restantes interdições noturnas de 6 horas.

### 4.3.3 Rebaixamento de via em Viana do Castelo

As passagens superiores situadas aos PK 82+246, PK 82+362 e PK 82+440, a Norte da estação de Viana do Castelo, evidenciaram a necessidade de proceder ao rebaixamento da

rasante de via entre o PK 82+120 e o PK 82+480, por forma a assegurar o *gabarito* de eletrificação.

Inicialmente foram realizados trabalhos preparatórios para o levantamento da via, incluindo o seu desguarnecimento, corte de carril para passagem a barra curta, e ainda a demolição do muro de vedação para criação de acesso de equipamento ao local dos trabalhos, ficando a via com afrouxamento após a realização desses mesmos trabalhos, tendo esse mesmo muro sido repostado após o término da atividade.

De seguida, procedeu-se à execução de caminho de cabos e os maciços de catenária em coordenação entre o PK 82+120 e PK 83+800, transpondo os cabos existentes para o novo caminho de cabos, tendo ocorrido ensaios por forma a verificar as novas ligações dos cabos.

Aproximadamente entre os PK 82+120 e 82+480, ocorreram os trabalhos de rebaixamento que conduziram à realização das seguintes tarefas [20], [22]:

- Levantamento da via existente por tramos.
- Construção da nova plataforma de via.
- Atividades de terraplenagem e drenagem.
- Assentamento de via por tramos.
- Substituição das travessas e fixações em mau estado por novas.
- Balastragem e ataques de enchimento.
- Ataque definitivo.
- Regularização do AD.

A duração para a realização de todos os trabalhos desta fase foi de 10 semanas, incluindo 7 fins de semana de interdições prolongadas de 52 horas e as interdições diárias de 6 horas.

#### **4.3.4 Estação técnica de Darque**

A materialização da estação técnica de Darque consistiu num prolongamento, o qual se iniciou com uma fase preliminar onde foi executada uma contenção provisória, com recurso à inserção de perfis metálicos e posterior aplicação de lajetas guarda balastro, que permitiram realizar os trabalhos de decapagem dos solos existentes ao longo do terreno onde a plataforma foi prolongada.

Finalizados os trabalhos de decapagem desses mesmos terrenos procedeu-se à execução do aterro que viria a dar lugar à nova plataforma ferroviária. O aterro foi desenvolvido de acordo com uma correta compatibilização entre as especialidades de drenagem, caminho de cabos e catenária, por forma a permitir a mobilização das equipas de via em contínuo.

Após a realização dos trabalhos preliminares, procedeu-se numa primeira fase à implantação do AMV 5 ao PK 77+120, sendo que a plataforma deste aparelho foi a única que não foi

intervencionada nesta empreitada, tendo no entanto sido necessário realizar o levantamento da via e respetivo desguarnecimento, considerando a criação de um fundo de caixa a uma cota tal que considera-se a implantação do AMV próximo das cotas finais de projeto.

O assentamento do AMV 5 realizou-se numa única interdição alargada, tendo sido pré-montado em zona adjacente e posteriormente ripado para a sua posição definitiva, sendo que o mesmo ficou eclissado, conforme ilustrado na Figura 3-16/Figura 4-1.



**Figura 4-1 Aparelho de mudança de via eclissado**

Dado por concluído o assentamento do novo AMV 5 foi necessário proceder ao levantamento de um pequeno troço da linha I, cerca de 60 m, e ainda o AMV 5 existente de acordo com os seus diversos tramos constituintes, procedendo-se de imediato à passagem a “via corrida” da Linha II – Geral nessa mesma zona, deixando de existir o cruzamento de comboios na Linha I, tendo-se tornado temporariamente numa linha de topo, apenas com a utilidade de guarnecimento de material circulante da própria entidade de exploração e até mesmo da entidade executante.

Posteriormente ao levantamento do AMV 5 existente e do troço de via contíguo, passou a ser possível proceder à aplicação do sub-balastro, respeitando todos os critérios definidos em sede de projeto, e assim assentar a via sobre o mesmo. Finalizado o assentamento seguiram-se as demais atividades de via, pela seguinte ordem de intervenção [20], [22]:

- Balastragem e ataques de regularização de todo o troço intervencionado.
- Execução de soldaduras aluminotérmicas e juntas isolantes para um adequado funcionamento do sistema de sinalização.
- Ataque definitivo e estabilização dinâmica.

- Regularização de barras e respetiva auscultação ultrassónica para efeitos de garantia de qualidade de execução das soldaduras.
- Esmerilagem preventiva nas barras de carril aplicadas.
- Aplicação de piquetagem definitiva no troço.

Desta forma, o faseamento construtivo alusivo à execução da estação técnica de Darque, esquematizado na Figura 4-2, assentou em quatro fases distintas:

- 1.ª Fase – Assentamento do AMV 5.
- 2.ª Fase – Levantamento do AMV 5 existente.
- 3.ª Fase – Assentamento de via (Linha I).
- 4.ª Fase – Finalização dos trabalhos da especialidade de via.

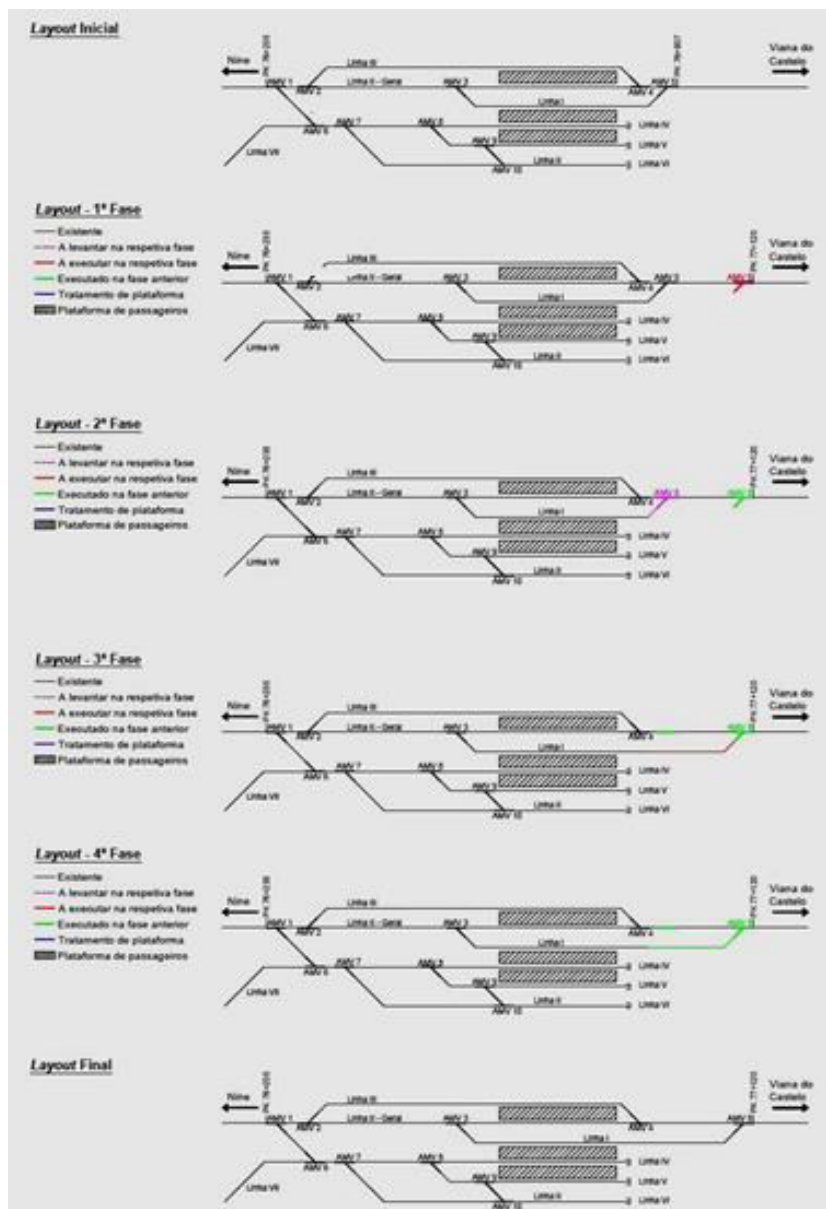


Figura 4-2 Faseamento construtivo da estação técnica de Darque

Os trabalhos acima mencionados foram realizados, tendo tido paralelamente uma equipa da IP Telecom a materializar as ligações entre o AMV 5 e as infraestruturas de sinalização, por forma a ser possível o cruzamento neste mesmo ramo desviado, que após a intervenção assegurou uma maior capacidade.

#### **4.3.5 Estação técnica de Midões**

A concretização da estação técnica de Midões traduz-se na construção de uma linha de cruzamento, sendo que inicialmente foi executada uma contenção provisória ao longo da linha geral para a mesma ser alargada, com recurso à inserção de perfis metálicos HEB por forma a encastrar as lajetas guarda balastro, esta estrutura permitiu assim proceder à decapagem das zonas onde a plataforma foi alargada.

Dada por concluída a fase de decapagem dos solos, procedeu-se à escavação necessária para as fundações das estruturas de contenção necessárias, nomeadamente, EC1A (entre os PK 45+724.250 e 45+770.650) e EC1B (entre os PK 45+777.760 e 45+840.000), bem como um muro de suporte a norte da plataforma de passageiros.

Tendo as estruturas de suporte materializadas por níveis pode-se iniciar a movimentação de terras, sendo que foi extremamente relevante aquando o crescimento dos aterros uma correta compatibilização entre as especialidades de terraplenagem, drenagem, estruturas de contenção, caminho de cabos e catenária, por forma a assegurar um trabalho em contínuo.

Posteriormente à concretização da plataforma ferroviária para a implementação da linha desviada, procedeu-se ao tratamento de plataforma da Linha II – Geral, onde o AMV1 foi instalado, este tratamento envolveu trabalhos preliminares de marcação topográfica em estacas provisórias do projeto de terraplenagem e via.

Em período noturno procedeu-se ao levantamento da via e respetivo desguarnecimento, tendo sido criado um fundo de caixa à cota definida em projeto e devidamente compactado por forma a atingir um grau de compactação superior a 95%, tendo sido aí aplicado o sub-balastro, também devidamente compactado. De salientar que durante o decurso dos presentes trabalhos, esteve presente em obra um equipa de laboratório para aferição das condições de compactação do fundo de escação e sub-balastro de acordo com o previsto em cadernos de encargos e condições técnicas.

Após a conclusão do tratamento da plataforma, recolocou-se na mesma posição os tramos de via anteriormente levantados, aplicando nesse mesmo troço de via balastro novo, sendo ainda realizado ataque mecânico com um grupo de ataque ligeiro, por forma a assegurar as devidas condições de circulação à passagem de material circulante a uma velocidade de 30 km/h.

Assim, após o tratamento de plataforma, procedeu-se ao assentamento do AMV 1 travessa a travessa, tendo sido necessário levantar os tramos de via e abrir um fundo de caixa para proceder à sua aplicação. Em seguida reaplicou-se o mesmo balastro e realizou-se o ataque mecânico pesado do AMV por forma a cumprir as cotas de projeto.

Após a implementação desta metodologia construtiva, os restantes aparelhos foram instalados da mesma forma, passando apenas a existir a necessidade de *rail-routes* para apoio ao posicionamento dos constituintes do AMV, tendo assim deixado de parte a hipótese dos restantes aparelhos serem pré-montados e posteriormente ripados para a sua posição definitiva, pois esta metodologia acarretava mais dificuldades a nível de espaço e custos a nível de equipamento, devido ao facto das *rail-routes* necessitarem do apoio de uma grua de elevada capacidade de carga, a qual apenas é posicionada em locais espaçosos.

O tratamento de plataforma na zona do AMV 2, bem como o seu respetivo assentamento foi realizado em seguida, tendo sido empregue exatamente a mesma metodologia anteriormente descrita.

Finalizada a montagem de ambos os aparelhos, passou a ser possível materializar a ligação entre ambos, sendo que para isso foi necessário proceder à regularização da plataforma, de modo a retirar as patologias presentes causadas pela circulação de equipamento e materiais. Assim procedeu-se ao espalhamento de uma lâmina de balastro, por forma a executar o assentamento de via. Concluído o assentamento de via seguiram-se os seguintes trabalhos específicos de via férrea [20], [22]:

- Balastragem e ataques de regularização de todo o troço intervencionado.
- Execução de soldaduras aluminotérmicas e juntas isolantes para um adequado funcionamento do sistema de sinalização.
- Ataque definitivo e estabilização dinâmica.
- Regularização de barras e respetiva auscultação ultrassónica para efeitos de garantia de qualidade de execução das soldaduras.
- Esmerilagem preventiva nas barras de carril aplicadas.
- Aplicação de piquetagem definitiva no troço.

Assim, o faseamento construtivo da estação técnica de Midões, representado na Figura 4-3, convencionando a seguinte sequência:

- 1.ª Fase – Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 1.
- 2.ª Fase – Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 2.
- 3.ª Fase – Assentamento de via (Linha I).
- 4.ª Fase – Finalização dos trabalhos da especialidade de via.

Finalizados os trabalhos de via nesta estação, os dois novos aparelhos de mudança de via foram eclissados até que a empreitada da instalação da sinalização electrónica (Lote A) fosse concretizada.

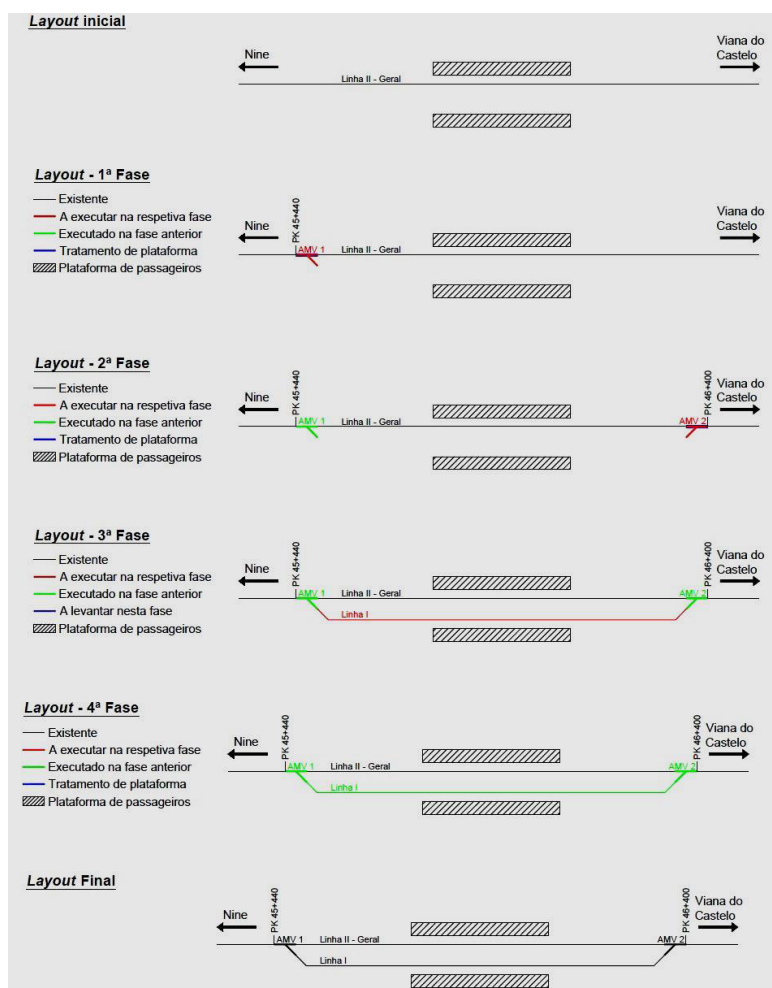


Figura 4-3 Faseamento construtivo da estação técnica de Midões

#### 4.3.6 Estação técnica de Barrocelas

A execução da estação técnica de Barrocelas compreende o prolongamento da linha de cruzamento existente, designada por Linha II. Numa fase preliminar executou-se uma contenção provisória ao longo da zona da plataforma que foi alargada, por meio da inserção de perfis metálicos HEB com lajetas guarda balastro. esta estrutura permitiu assim proceder à decapagem e escavação das zonas onde a plataforma foi alargada.

Concluídos os trabalhos de decapagem dos solos, procedeu-se à escavação necessária para as seguintes fundações das seguintes estruturas de contenção:

- EC2A (entre os PK's 67+285.000 e 67+419.000).
- EC2B (entre os PK's 67+500.000 e 67+555.000).
- EC3 (entre os PK's 67+787.250 e 67+824.110).
- EC4 (entre os PK's 67+835.850 e 67+935.000).

- EC5 (entre os PK's 67+935.000 e 67+980.000).

Estando as estruturas de suporte concluídas procedeu-se ao movimento de terras, por forma a que a plataforma ferroviária ficasse concluída com o crescimento do aterro, tendo sido de extrema importância a harmonização entre as especialidades presentes nas atividades.

Em paralelo com a especialidade de estruturas de contenção foi executado o tratamento de plataforma da Linha I – Geral, na zona onde o AMV 2 foi instalado, seguindo de igual modo metodologia empregue nos tratamentos de plataforma realizados na estação de Midões. Após esta atividade procedeu-se ao assentamento do AMV 2 travessa a travessa, bem como a ligação do mesmo à Linha II, ficando o mesmo eclissado.

Numa fase seguinte procedeu-se à substituição de travessas, carril e balastro na Linha II existente, não tendo existido qualquer tipo de tratamento de plataforma. De seguida levantou-se o AMV 2 existente bem como o troço de via que estava ligado a este, de referir que na interdição em que ocorreu o levantamento do aparelho existente, o novo AMV 2 instalado passou a ser utilizado nos cruzamentos realizados na Linha II.

Posteriormente aos trabalhos associados ao lado Norte da estação de Barroselas, existiu a necessidade de realizar novamente um tratamento de plataforma na Linha I – Geral, agora no topo Sul, em particular na zona onde o AMV 1 foi aplicado. Dado por concluído o tratamento de plataforma realizou-se o assentamento do AMV 1 travessa a travessa, tendo o mesmo ficado eclissado após o seu assentamento.

Após as atividades anteriormente indicadas e tendo sido executada a camada de sub-balastro na plataforma, executou-se a ligação entre o novo AMV 1 e a zona onde ocorreu a renovação de via, ficando assim concluído o assentamento de via.

Os trabalhos nesta estação não ficaram concluídos sem antes se proceder à desativação e levantamento do AMV 1 existente. Desta forma, com os demais trabalhos de via associado passou a ser possível realizar o cruzamento de material circulantes entre os novos aparelhos instalados.

O faseamento construtivo da estação técnica de Barroselas, representado esquematicamente na Figura 4-4, apresenta a seguinte metodologia [20], [22]:

- 1.<sup>a</sup> Fase – Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 2.
- 2.<sup>a</sup> Fase – Substituição do armamento de via e balastro.
- 3.<sup>a</sup> Fase – Levantamento do AMV 2 existente e troço de linha.
- 4.<sup>a</sup> Fase – Tratamento de plataforma e assentamento do AMV 1.
- 5.<sup>a</sup> Fase – Assentamento de via (Linha II).
- 6.<sup>a</sup> Fase – Levantamento do AMV 1.

- 7.ª Fase – Finalização dos trabalhos da especialidade de via.

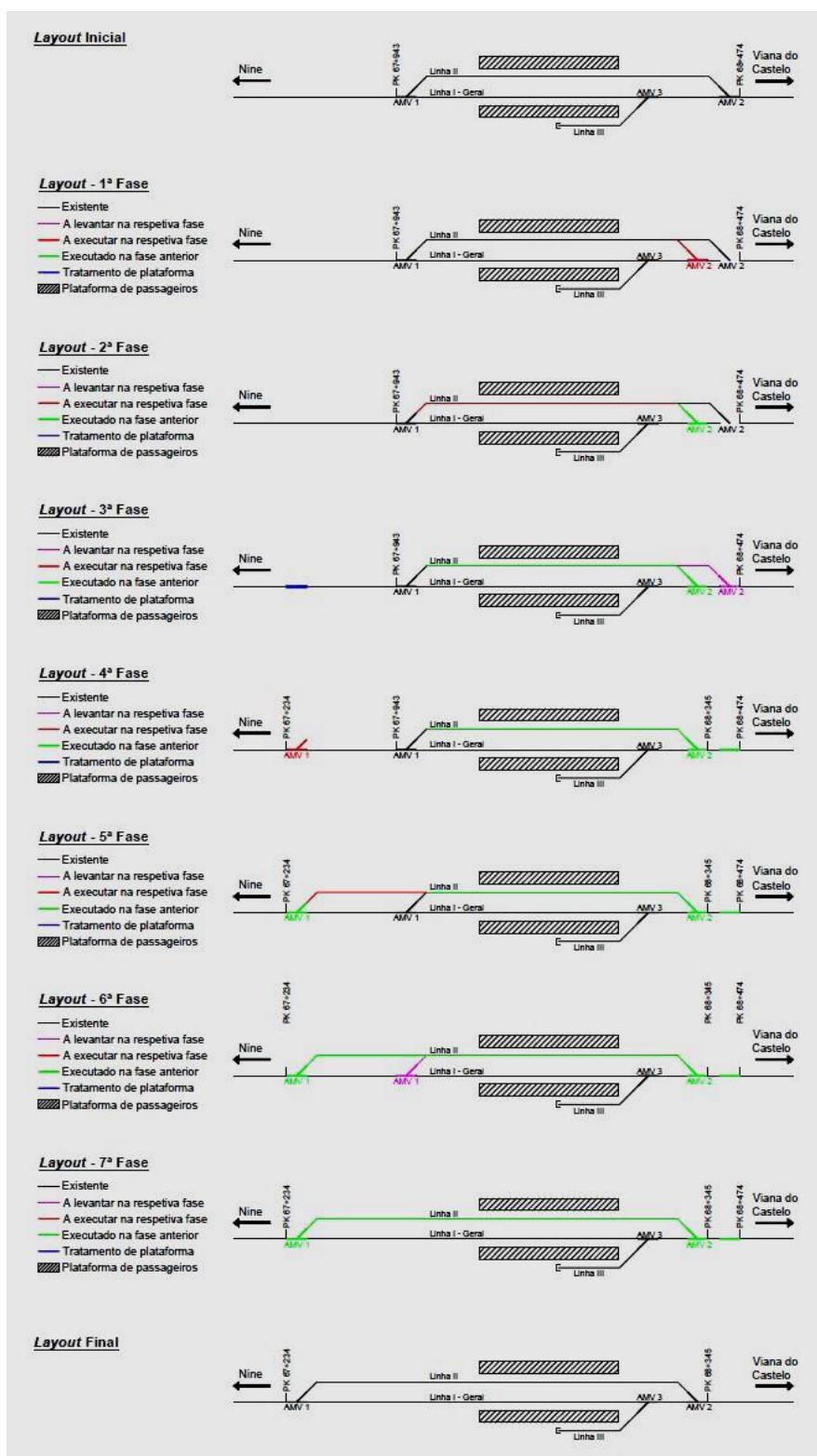


Figura 4-4 Faseamento construtivo da estação técnica de Barroelas

### 4.3.7 Considerações finais

O planeamento dos trabalhos de via e respetivas interferências com a exploração da linha são condicionados, principalmente pelo faseamento, metodologia e tempos, dos trabalhos de terraplenagem e drenagem associados à criação de plataforma ferroviária. Os trabalhos de

---

tratamento de plataforma ou execução de uma nova plataforma de via ocorreram nas seguintes zonas:

- Prolongamento de linhas desviadas.
- Rebaixamento das plataformas.
- Assentamento de AMV.

Os trabalhos de assentamento de via e aparelhos ocorreram apenas após a conclusão da materialização das estruturas de contenção associadas e da nova plataforma de via, com geometria e ensaios de compactação devidamente verificados e aprovados. Nas extensões de plataforma de via materializadas e onde foi assente via, foram executados previamente os maciços de catenária e o caminho de cabos.

Nas zonas de prolongamento das linhas secundárias as primeiras descargas de balastro e o seu carregamento para o local foi realizado por meios rodoviários até se efetuarem as ligações e/ou assentamento de um dos AMV que permitisse o acesso da atacadeira à linha em construção.

No sentido de otimizar ao máximo o tempo das interdições especiais e aumentar o tempo útil para a execução dos trabalhos mais complexos de rebaixamento e tratamento de plataforma de via, nos dias e interdições de 6 horas das noites anteriores ocorreram diversos trabalhos preparatórios de via, como o levantamento de via com o corte de carril por tramos e o desguarnecimento de via.

Tendo em conta os aspetos anteriormente elencados, existiu a necessidade de se iniciarem mais cedo restrições de velocidade, afrouxamentos esses que tiveram em conta os aspetos de segurança ferroviária e o estado da via até finalização dos trabalhos.

Da mesma forma, aquando os trabalhos de assentamento de via e aparelhos existiu a necessidade de nos dias e noites seguintes prolongar as restrições de velocidade até se darem por concluídos os trabalhos de ataque final e soldaduras, por forma a repor a via em condições normais de circulação em segurança.

Genericamente, na execução de linhas de cruzamento os principais trabalhos alusivos à especialidade de via foram os seguintes:

- Piquetagem das zonas a intervir
- Levantamento de via;
- Desguarnecimento de via;
- Assentamento de aparelhos e via;
- Ataques e regularização de balastro em plena via e aparelhos;
- Execução de ligações por meio soldaduras aluminotérmicas e juntas isolantes;

- Ataque definitivo e estabilização dinâmica.
- Regularização de barras e auscultação ultrassónica.
- Esmerilagem preventiva.
- Piquetagem definitiva.

Os trabalhos de acabamento, como as ligações, regularização de barras, substituição de elementos de via em mau estado, entre outros, foram executados de forma continuada na área intervencionada.

O desguarnecimento efetuado nas zonas do rebaixamento de via e no local de implantação dos aparelhos de mudança de via, foi realizado por processo mecânico ligeiro, com recurso a *rail-route* e vagão de detritos, devido à pouca extensão de trabalho associado e ao facto do equipamento pesado, desguarnecedora mecânica, não se enquadrar nas zonas de plataformas de passageiros e passagens inferiores devido ao *gabarito* disponível.

Relativamente à compatibilização das atividades de regularização de traçado de via existente e implementação de um novo traçado com o alteamento de plataformas de passageiros, foi tido em conta o facto de os trabalhos de aplicação das novas bordaduras ocorrem posteriormente à via adjacente se encontrar às cotas de projeto, tanto a nível de planimetria como altimetria, por forma a evitar problemas de invasão de *gabarito* entre o material circulante e o cais de passageiros, dada a proximidade entre ambas as infraestruturas.

Os trabalhos de simplificação de *layouts* nas estações de Barcelos e Viana do Castelo, bem como a regularização de traçado de via na zona dos apeadeiros de Alvarães e Durães, não foram considerados no presente faseamento, pois foram integrados na empreitada geral por forma a otimizar meios, recursos e durações, uma vez que causaram pouco impacto nas condições de exploração.

Desta forma, os tempos de execução previstos no faseamento dos trabalhos de via foram otimizados de forma a contribuir para garantir o prazo estimado da empreitada, havendo por isso situações em que foram necessárias duas ou mais frentes de trabalho de via a laborar em simultâneo.

De referir, que dados por concluídos todos os trabalhos de via, nomeadamente a colocação da mesma na sua posição planimétrica e altimétrica de projeto, ocorreu o levantamento do afrouxamento e prosseguiram os trabalhos de construção civil com a execução das bordaduras das plataformas de passageiros.

Finalmente refere-se que os trabalhos de via relatados no decorrer do faseamento são abordados com maior detalhe no “Caso de Estudo: Compatibilização entre Via Férrea e Instalações Fixas de Tração Elétrica”.

## 5. CASO DE ESTUDO: COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE VIA FÉRREA E INSTALAÇÕES FIXAS DE TRACÇÃO ELÉTRICA

### 5.1 Enquadramento

No presente capítulo, relativo ao caso de estudo integrado neste TFM, pretende-se proceder à descrição detalhada dos diversos trabalhos geralmente realizados no domínio da Via Férrea e das Instalações Fixas de Tração Elétrica, identificar as situações de conflito e dependência entre estes, bem como apresentar algumas propostas de metodologias para minimizar as consequências desses mesmos conflitos, os quais se não devidamente identificados e trabalhados podem constituir entrave em termos do caminho crítico para um desejável desenvolvimento normal de uma empreitada no âmbito da ferrovia<sup>9</sup> e que a não ser devidamente salvaguardado pode conduzir a situações indesejáveis e problemáticas tanto a nível de incumprimento de prazos e eventuais multas como de custos acrescidos.

Sendo este documento elaborado com base num estágio curricular, foi possível, em resultado do acompanhamento continuado da evolução da construção e da análise prévia das soluções projetadas para este troço da Linha do Minho, a elaboração de um estudo detalhado da génese das diversas atividades associadas a estes dois temas, com um cariz maioritariamente de implantação no terreno e que em seguida se apresenta.

### 5.2 Via férrea

A via férrea é caracterizada por um conjunto de elementos que servem de suporte e encaminhamento do material circulante, sendo o único meio de transporte em que os veículos são guiados pelo caminho [24]. Os elementos constituintes da via dividem-se em dois grandes grupos, a infraestrutura e a superestrutura, conforme Figura 5-1.

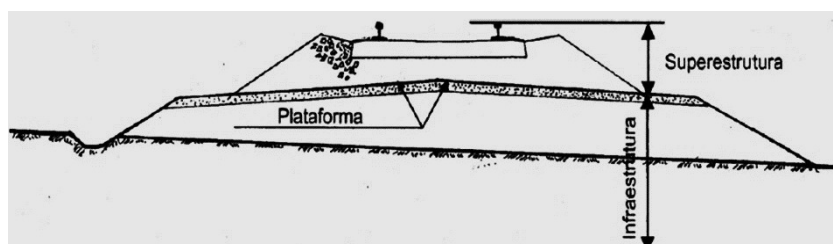


Figura 5-1 Constituintes da via férrea [26]

A infraestrutura consiste na camada localizada sob o balastro, nomeadamente a plataforma, aterros, taludes de escavação, sistemas de drenagem e obras de arte<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Esta necessidade de compatibilização apenas ocorre em intervenções em linhas (novas ou existentes) em que o modo de tração seja elétrico.

<sup>10</sup> Pontes, pontões, viadutos e túneis

A plataforma ferroviária corresponde a uma superfície de apoio da superestrutura de via e das cargas rolantes das circulações ferroviárias, devendo a mesma ter uma dada inclinação transversal para o escoamento das águas, e ainda estar protegida das águas ou outros efluentes com origem nas trincheiras e inundações.

Essas mesmas plataformas desenvolvem-se em superfícies de terreno, podendo ser em aterro ou escavação. No caso de plataformas em aterro estas resultam da execução de um depósito de solos a cotas superiores relativamente aos terrenos confinantes, por sua vez as plataformas em escavação resultam de um desmonte de terreno, ficando estas a cotas inferiores face aos terrenos confinantes.

A infraestrutura necessita de sistemas de drenagem por forma a desviar e conduzir as águas da plataforma e do leito da via, sendo que a sua secção e inclinação deve ser ajustada de modo a assegurar o escoamento rápido e não causar obstruções. Estes órgãos de drenagem podem passar por valetas triangulares de pé de talude, valetas de crista de talude, valeta tipo REFER, dreno central, entre outros.

As obras de arte são elementos que permitem à superestrutura transpor as irregularidades ao longo do terreno, elementos estes como pontes, viadutos, túneis, entre outros, que “vencem” vales, montes, montanhas, rios e outras infraestruturas.

A susperestrutura é formada pelo balastro e armamento de via, este armamento engloba os carris, travessas, fixações e ligações.

O balastro caracteriza-se como o material granular proveniente da britagem de pedra com elevada resistência ao desgaste e à fragmentação. Este tem como principal objetivo distribuir os efeitos das cargas rolantes sobre a plataforma, amortecer os choques provocados pelas composições e contrariar as deslocações horizontais e longitudinais da via férrea [25].

Um dos elementos intermédios da superestrutura são as travessas, as quais podem ser de madeira, betão bi-bloco, betão monobloco e metálicas, sobre estas são apoiados os carris, estas permitem receber as pressões exercidas pelos carris e transmiti-las ao balastro e ainda asseguram a bitola [25].

Para além das travessas referidas, existem ainda travessas de materiais compósitos, produzidas a partir de plásticos regenerados sendo que a sua aplicação ainda não é generalizada, sendo em muitos dos casos protótipos em que ainda é necessário analisar a sua funcionalidade e durabilidade. A necessidade de introdução destas travessas decorre no essencial por questões de natureza ambiental, uma vez que terão como principal função a substituição das atuais travessas de madeira, matéria-prima que se torna cada vez mais escassa [24].

A bitola corresponde a uma distância idêntica entre as faces de guiamento dos carris, essa mesma medida é retirada em esquadria a uma distância de 15 mm relativamente ao plano de rolamento, podendo ser de 900 mm, 1000 mm, 1435 mm, 1668 mm, entre outras, consoante a localização geográfica.

A barra de carril consiste numa viga de aço laminado composta por cabeça, alma e patilha, podendo ter perfis diversos, no entanto os mais comuns são os de vignole e gola. A sua função é assegurar o guiamento dos rodados do material circulante e transmitir as cargas recebidas dos veículos às travessas [25].

O carril encontra-se posicionado devido às fixações que o fixam à travessa, estas podem ser rígidas ou flexíveis, do tipo nabla, vossloh ou pandrol. Por sua vez a ligação entre as barras de carril garante a sua continuidade e alinhamento, as ligações são efetuadas por meio de barretas ou soldaduras (aluminotérmicas ou elétricas) [26]. De salientar que pode ser necessário assegurar o isolamento elétrico entre as barras com recurso a juntas isolantes.

A via férrea propriamente dita pode ser única, dupla ou múltipla, consoante o número de linhas por que é constituída, tendo sempre associados sentidos de circulação. Aquando a presença de duas ou mais vias o conceito de entre-via (EV) consiste no afastamento entre as faces de guiamento dos carris de duas vias contíguas, já o EE corresponde ao afastamento entre os eixos de duas vias contíguas [26].

Um dos elementos imprescindível da via são os aparelhos de mudança de via, pois estes permitem o desvio do material circulante para um novo itinerário, um AMV é constituído por três grades distintas, a lança, intermédia e cróssima.

Desta forma, a via férrea corresponde a uma infraestrutura que suporta uma superestrutura, a qual permite a circulação de comboios. A sua materialização compreende a execução de diversas atividades, as quais são indicadas em seguida e estudadas de forma pormenorizada nos subcapítulos seguintes:

- Piquetagem inicial.
- Transporte e descarga de carril novo.
- Levantamento de via existente.
- Desguarnecimento de via.
- Transporte e descarga de balastro.
- Assentamento de via.
- Ataques e regularização de balastro.
- Assentamento de AMV e ataque mecânico.
- Execução de soldaduras e auscultação ultrassónica.
- Regularização de barras.

- Juntas isolantes
- Estabilização dinâmica.
- Esmerilagem preventiva.
- Piquetagem definitiva.

### 5.2.1 Piquetagem inicial

A equipa de topografia é responsável pelos trabalhos de piquetagem inicial da via férrea, em particular, no correto controlo das cotas da plataforma, do alinhamento na montagem de via em “osso”, do nivelamento após ataques e ainda em todas as verificações finais.

Tendo em conta a necessidade de execução de trabalhos na superestrutura de via, executa-se inicialmente uma piquetagem, por forma a materializar o preconizado em projeto de traçado de via, tanto a nível de planta como perfil longitudinal.

No terreno recorre-se à implementação de estacas marcadas com um número de ordem e uma designação, de acordo com o cálculo das coordenadas do projeto referentes ao eixo da via, também contempla um triângulo com o vértice para baixo, para a piquetagem do perfil longitudinal, correspondendo à rasante da fila baixa da via a construir, como se pode visualizar na Figura 5-2.



Figura 5-2 Piquetagem inicial para assentamento de via

As estacas em perfil ficam afastadas de 50 m, sendo também colocadas em pontos notáveis indicados em projeto, por sua vez, em planta, ficam espaçadas de 50 m em reta, 20 m em curva circular e 10 m em curva de transição, estando afastadas entre 1.8 m a 2.3 m da face de guiamento do carril, consoante os obstáculos presentes ao longo do traçado.

O assentamento de AMV contempla também piquetagem, sendo a mesma executada nos pontos notáveis do aparelho, isto é, na junta da contra lança, junta do talão da cróssima e no centro do AMV, sendo que, a via é igualmente piquetada numa extensão mínima de 50 m para cada lado do aparelho, em planta.

Em suma, os trabalhos de piquetagem passam pela seguinte metodologia [17]:

- Reconhecimento no terreno de vértices/estações, por forma a serem utilizados como suporte topográficos.
- Estudo da poligonal do projeto, podendo existir a necessidade de reconstrução da mesma, sendo que nesse caso todos os desvios identificados face à realidade devem ser compensados.
- Implementação de toda a marcação topográfica, em particular os pontos notáveis de acordo com o projeto de execução, com recurso à cravação de estacas.

### 5.2.2 Transporte e descarga de carril novo

As barras de carril são transportadas em vagões plataforma e a sua descarga é realizada, por um processo mecânico, evitando assim qualquer dano nos próprios carris ou a outros materiais e instalações confinantes.

A descarga e distribuição das barras realiza-se durante os períodos de interdição de via disponibilizados pelo dono de obra, sendo estas descarregadas nos locais de aplicação no sentido da realização dos trabalhos, ficando assim distribuídas pela plataforma de via, duas a duas, de acordo com o plano de assentamento.

O transporte e descarga do carril é realizado por um comboio especial de descarga lateral, denominado por comboio carrileiro (Figura 5-3), o qual transporta carril em barras de 36, 72 e 144 m de comprimento, constituído por vagões plataforma de 18.0 m e 22.5 m, equipados com guias giratórias de coluna de 2 toneladas, garantindo assim a descida do carril paralelamente à plataforma, com um movimento suave e uniforme, evitando que uma das extremidades contacte com o solo antes da outra [18], [21].

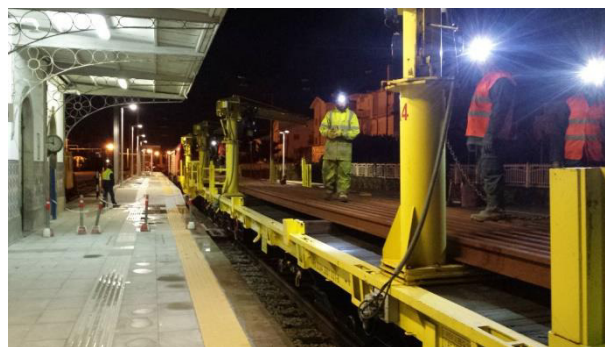


Figura 5-3 Descarga de barras de carril

### 5.2.3 Levantamento de via existente

O levantamento de via executa-se com recurso ao corte de carril e remoção de tramos de via entre 12 a 18 m, com o apoio de uma Rail-Rout, conforme ilustrado na Figura 5-4, sendo que os diversos constituintes, nomeadamente, carril, travessas e fixações, devem ser separados

e acondicionados corretamente, e posteriormente carregados e transportados para as instalações do dono de obra.



**Figura 5-4 Levantamento de tramo de via**

O corte de carril realiza-se com recurso a uma serra de disco (motocarril) nas zonas em que existem ligações com carril novo, e com maçarico nas zonas em que está indicada a remoção do carril. De salientar que as soldaduras existentes na via junto à zona do corte devem ser removidas, permitindo assim que as barras fiquem despontadas.

A metodologia a aplicar no levantamento de via assenta nos seguintes pressupostos [17]:

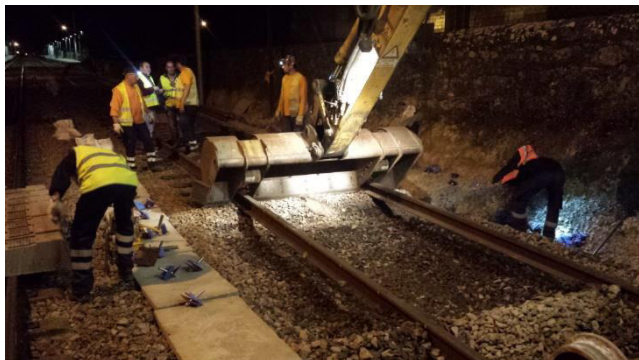
- Planificação diária da extensão de via a levantar, calculando a extensão do tramo a levantar face ao tipo de traçado, travessa e período de interdição de via disponível.
- Marcação da extensão de via a levantar, por meio de uma marca de giz na patilha do carril.
- Corte dos tramos de via, com recurso a equipamento ligeiro (motocarril ou maçarico).
- Ripagem dos tramos para local adjacente à via, com recurso a equipamento pesado (rail-rout).
- Separação e acondicionamento de tramos de carril, travessas e fixações, realizando lotes de material a entregar.
- Carregamento e transporte para instalações do dono de obra.

#### **5.2.4 Desguarnecimento de via**

O desguarnecimento de via corresponde a uma operação que permite retirar o balastro existente sob e em redor das travessas, tendo como principal finalidade a sua substituição total ou parcial, isto conforme os parâmetros de qualidade que o balastro apresenta, tendo sempre associados *à posteriori* trabalhos de ataque mecânico pesado. Este processo é habitualmente executado por meio mecânico ligeiro ou pesado, sendo que também pode ser considerado um desguarnecimento manual de via no caso de uma atividade localizada, com recurso a pás.

O processo de desguarnecimento mecânico ligeiro, conforme se encontra ilustrado na Figura 5-5, recorre simplesmente a uma rail-rout e um vagão para depósito de material contaminado,

sendo que após a retirada desse mesmo balastro contaminado procede-se à descarga e regularização de balastro e ataque mecânico pesado.



**Figura 5-5 Desguarnecimento de via do tipo mecânico ligeiro**

Por sua vez, o desguarnecimento de via mecânico pesado realiza-se com recurso a um equipamento ferroviário pesado, denominado desguarnecedora, conforme Figura 5-6, que possibilita a recolha do balastro existente na via, através da depuração mecânica, que por meio da crivagem dos inertes, elimina as partículas finas e detritos presentes, reaplicando o balastro tratado sobre a via.

De referir que aquando a execução deste procedimento o principal parâmetro a ter em conta é a profundidade de desguarnecimento, pois está diretamente relacionado com a espessura de material existente na via, a nova espessura de material a aplicar e ainda a rasante que está preconizada em projeto [18], [21].



**Figura 5-6 Desguarnecedora mecânica pesada [18]**

Sendo que aquando a execução do desguarnecimento, o processo pode apenas englobar a retirada do balastro existente e a aplicação de balastro novo, sem qualquer tipo de depuração.

Em termos de perfil transversal o desguarnecimento compreende toda a largura da banquetta de balastro, ficando a mesma com a inclinação indicada no projeto, nas zonas em que essa

mesma indicação era omissa tomou-se como admissível uma inclinação transversal mínima de 3 %, com o sentido orientado em concordância com a drenagem [9].

### 5.2.5 Assentamento de via

O assentamento de via férrea corresponde a um conjunto de intervenções que permitem a montagem de via, assegurando a circulação de equipamento pesado ferroviário a baixa velocidade (até 30 km/h) para trabalhos posteriores. Nesta atividade a principal preocupação passa pelo manuseamento do carril desde o local de descarga e a “mesa” da travessa, por forma a mitigar as deformações no carril e posteriormente defeitos permanentes na via.

Assim, o assentamento de via decorre conforme a metodologia apresentada em seguida [17]:

- Em primeiro lugar realiza-se uma lâmina de balastro, conforme Figura 5-7, com dois cordões, seguindo o correto alinhamento implementado nas estacas de piquetagem, a mesma tem em conta a bitola.



**Figura 5-7 Execução de lâmina de balastro**

- Posteriormente ao transporte das travessas entre o fornecedor e a zona de stock na frente de obra (a qual se deve situar o mais próximo da localização final), ocorre a distribuição das mesmas sobre a lamina de balastro previamente executada, com recurso a uma escavadora rodoferroviária a qual possui acoplada uma canga, que por sua vez assegura o afastamento preconizado de 0.60 m entre as travessas.
- Com a distribuição realizada, passa-se ao posicionamento transversal das travessas, tendo previamente implantado um alinhamento tomando como ponto de partida o seu topo, tendo-se assim minimizado a sua ripagem em fase posterior. Assim as travessas são quadradas perpendicularmente ao eixo da via (“quadrar as travessas”), ficando assim próximo da sua posição definitiva.



**Figura 5-8 Distribuição de travessas sobre a lâmina de balastro**

- Tendo ocorrido numa fase preliminar a descarga das barras de carril ao longo da plataforma existente, existe a necessidade de movimentar as barras entre a zona de descarga inicial e a “mesa da travessa”. Esta atividade executa-se com recurso a uma escavadora rodoferroviária que tem acoplado ao seu braço de trabalho umas pinças que permitem o manuseamento das barras de carril, e com a aplicação de roletes espaçadamente sob a barra, por forma a minimizar as deformações.

O posicionamento do carril ao longo das mesas conta com o auxílio de oficiais de via férrea munidos com alavancas, denominadas por “bitas”, por forma a permitirem o deslize da barra para a posição correta e evitar o impato direto com as travessas.

- Após a distribuição das barras de carril sobre a “mesa”, procede-se à marcação do espaçamento de 0.60 m entre travessas, transpondo essa mesma marca para a fila contrária, por meio de um esquadro de via. Assim, torna-se possível novamente quadrar as travessas com o espaçamento e alinhamento indicado nas respetivas marcações.
- Seguidamente à distribuição das barras, procede-se à aplicação do sistema de fixação, distribuindo-se assim a pregação e apertaram-se os tirafundos sem controlo de aperto, com recurso a uma tirefonadora hidráulica.



Figura 5-9 Barras de carril com as respetivas fixações

- Por forma a concluir o processo de assentamento de via, executa-se a ligação provisória das barras com recurso a “cês” de ligação e barretas, designados por sargentos, possibilitando a circulação de equipamento pesado para os trabalhos subsequentes.

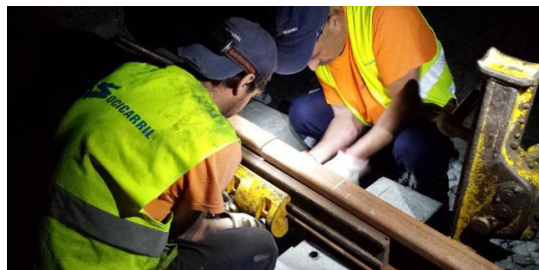


Figura 5-10 Ligação provisória de barras por meio de "cês" de ligação

### 5.2.6 Transporte e descarga de balastro

O balastro é obtido em pedreiras, por processos mecânicos de britagem e crivagem, sem qualquer tipo de mistura de materiais com origens geológicas diferentes, não pode conter outros componentes ou matérias para além do especificado na RF.IT.VIA.015 que define os requisitos técnicos do balastro e as respetivas condições de qualidade.

O transporte de balastro até à frente de obra realiza-se com recurso a meio ferroviário e rodoviário, o comboio balastreiro desloca-se em período de circulação comercial entre o fornecedor e a frente dos trabalhos, enquanto que o camião se desloca entre o fornecedor e uma dada zona de *stock*, sendo posteriormente carregado para o meio ferroviário do empreiteiro e segue o seu percurso em período de interdição para a frente dos trabalhos.

A operação de descarga de balastro está associada ao enchimento de vias novas, isto é, vias em “osso”. Assim, a descarga de balastro é realizada com recurso a um comboio balastreiro, conforme se encontra ilustrado na Figura 5-11, sendo esse mesmo comboio composto por uma locomotiva e cinco vagões balastreiros, cada vagão com duas caixas, existindo ainda a

necessidade de alocar quatro colaboradores por vagão, para assegurar uma correta e atempada abertura das caixas [18], [21].



**Figura 5-11 Comboio balastreiro**

De salientar que na construção da via em “osso”, é realizada uma lamina de balastro antes do assentamento da via, lâmina essa que é executada com recurso a um espalhador acoplado a um camião.

### **5.2.7 Ataques e regularização de balastro**

Posteriormente ao assentamento de via, esta encontra-se habilitada a acomodar a circulação a velocidade reduzida, sendo que esta premissa assegura a implementação da via próxima da sua posição definitiva, através das operações de descarga de balastro, ataque de enchimento e respetiva regularização do balastro.

O ataque mecânico pesado ocorre aquando a realização prévia de diversas descargas de balastro, seguidas de ataques e regularizações de balastro alternadas. Este processo permite que o balastro sob as travessas seja devidamente compactado, enquanto se procede ao levantamento e ripagem da via, por forma a atingir o traçado geométrico da via preconizado em projeto. Desta forma, os ataques permitem não só a compactação do balastro bem como o alinhamento e nivelamento da via.

O faseamento dos ataques mecânicos pesados, considerou as seguintes metodologias [17]:

- Primeiro “levante”

O primeiro levante de via ocorre posteriormente à primeira descarga de balastro, conduzindo este mesmo ataque à criação de um “almofada” de assentamento, o mesmo contempla ainda uma ripagem de via, entre 15 a 20 mm, por forma a aproveitar a pouca presença de balastro [18], [21].

- Ataques de enchimento

Os ataques de enchimento realizam-se por camadas, sendo que cada ataque permite apenas uma subida máxima de 100 mm por camada, este alteamento fica entre 30 a 40 mm da cota definitiva de projeto.

A nível de alinhamento, a tolerância concedida até atingir os 15 cm de balastro, localiza-se entre 10 a 15 mm, enquanto que nos ataques de enchimento posteriores é entre 20 a 30 mm [18], [21].

- Ataque definitivo

O ataque definitivo considera “levantes” de via entre 20 a 30 mm, sendo que o nivelamento da fila baixa fica a um máximo de 10 mm da cota teórica, enquanto que o corredor de ripagem se encontra no máximo a 3mm da cota implementada na estacaria ao longo da via [18], [21].

A otimização de traçado é um processo alternativo, que advém da utilização de um mecanismo informático da atacadeira. Esta metodologia tem como referência o valor referente aos entreeixos, e as características geométricas e dinâmicas da via, que permitem o cumprimento das tolerâncias definidas nas especificações técnicas e da velocidade preconizada em projeto. Este processo baseia-se numa passagem da atacadeira, realizando um primeiro registo das flechas de nivelamento e alinhamento, realizando posteriormente as devidas correções através do programa informático, tendo como ponto de partida o cálculo realizado primariamente [18], [21].

A atacadeira é um equipamento que possibilita a obtenção de elevados rendimentos, pois permite o ataque simultâneo de duas travessas consecutivas, através das suas bitas mecânicas, também designadas por pioches, que provocam a vibração e compactação do balastro em redor das travessas (Figura 5-12).



Figura 5-12 Ataque mecânico pesado

De uma forma genérica, a estabilidade da travessa é adquirida à custa da inter-penetração e rearranjo dos agregados do balastro com diferentes granulometrias, sendo que essa mesma reorganização provém das vibrações axiais produzidas pelas pioches da atacadeira.

Por forma a evidenciar um correto controlo dos parâmetros geométricos da via, é realizado um registo eletrónico, por forma a obter dados alusivos ao alinhamento, nivelamento transversal e longitudinal, empeno, ripagem, levante do carril esquerdo e direito, distância percorrida e pontos notáveis.

A regularização de balastro, observada na Figura 5-13, é uma atividade que incorpora os trabalhos de ataque pesado, pois a sua meta passa pela transferência e repartição tanto transversal como longitudinal do balastro, tendo em conta o perfil tipo definido nas peças desenhadas do projeto.



**Figura 5-13 Regularização de balastro**

O equipamento que permite a execução desta atividade, é denominado por reguladora de balastro, e assegura o preenchimento dos vazios entre as travessas criados pelo ataque mecânico, com recurso às suas charruas laterais e centrais. O equipamento possibilita ainda um varrimento do armamento de via, também designado por “brossar”, garantindo a limpeza das fixações e da mesa de rolamento.

### **5.2.8 Assentamento de AMV e ataque mecânico**

Os aparelhos de mudança de via são transportados desde o fornecedor até à frente de obra por transporte rodoviário, sendo posteriormente descarregados por meio apropriados o mais próximo possível da zona final de aplicação. Desta forma, após ocorrer o armazenamento dos aparelhos, procede-se ao seu assentamento, recorrendo a dois métodos distintos na sua génese, mas idêntidos no seu objetivo, isto é, por pré-montagem dos seus tramos constituintes ou diretamente sobre a via, travessa a travessa.

O assentamento de aparelhos por pré-montagem pode coexistir com a exploração ferroviária, sendo que esta atividade necessita de espaço suficiente para que se possa proceder ao seu assentamento faseado em zona adjacente à posição final, e posteriormente à ligação dos seus diversos elementos, conforme ilustrado na Figura 5-14.

Os aparelhos assentes por pré-montagem estão associados a interdições mais longas (um mínimo de 10 horas de trabalho efetivo), por forma a abarcar todos os trabalhos necessários, levantamento da via por tramos, abertura da caixa de balastro, assentamento de AMV, balastragem e respetivo ataque.



**Figura 5-14 Pré-montagem de AMV e respetivo assentamento**

Dada por concluída a pré-montagem do aparelho, procede-se à aplicação dos três tramos do AMV pela seguinte sequência, grade da agulha, ramo intermédio e grade da cróssima. Os tramos são ripados para a sua posição definitiva a partir do local onde foram pré-montados, de acordo com o ilustrado na Figura 5-14, esta tarefa é realizada com recurso a rail-routs com o apoio de uma giratória de rastos ou exclusivamente por meio de uma grua com elevada capacidade.

Por outro lado e tendo em conta a existência de curtos períodos de interdição nas linhas com exploração ferroviárias, a montagem diretamente sobre a via férrea, travessa a travessa, é a metodologia mais expedita, conforme se encontra demonstrado na Figura 5-15. Este procedimento necessita habitualmente de duas interdições noturnas para a sua realização (um mínimo de 6 horas de trabalho efetivo por cada interdição), numa primeira etapa procede-se à aplicação da grade da agulha e ramo intermédio, na segunda fase executa-se a montagem da grade da cróssima e as respetivas travessas de transição.



**Figura 5-15 Assentamento de AMV travessa a travessa**

O ataque mecânico pesado em AMV (Figura 5-16), é idêntico à “via corrida”, o mesmo caracteriza-se pela compactação do balastro sob as travessas, alinhamento e nivelamento do aparelho. No entanto para tal acontecer foi necessário ocorrer o seu assentamento, com as respetivas ligações tanto ao ramo direto como ao ramo desviado, e ainda possuir uma quantidade tal de balastro que permitisse a realização do ataque [18], [21].



Figura 5-16 Ataque mecânico em ramo desviado de AMV [18]

O equipamento que realiza esta atividade, denominado atacadeira, permite não só o ataque de “via corrida” como de aparelhos, pois os grupos de ataque exteriores permitem atacar até um deslocamento lateral de 3200 mm do eixo da via, sem ter de ir à via desviada, e um deslocamento longitudinal de 560 mm, compensando o desenquadramento das travessas. Desta forma, este mecanismo assegura o ataque de um AMV na sua totalidade, tanto o ramo direto como o desviado [18], [21].

### 5.2.9 Execução de soldaduras e auscultação ultrassónica

A execução de soldaduras é um processo que permite a ligação entre os topos das barras, existindo dois modos que possibilitam a soldadura de barras para a execução de via sem juntas, nomeadamente:

- Soldadura elétrica.
- Soldadura aluminotérmica.

A soldadura elétrica caracteriza-se pela ligação de barras com recurso à imposição de corrente elétrica com uma elevada intensidade e baixa voltagem, permitindo assim o aquecimento e fusão dos topos das barras [18]. Este método é realizado com um meio mecânico de elevadas dimensões, de acordo com a Figura 5-17, existindo assim uma dificuldade associada ao transporte, assim este método é indicado para ser executado previamente em estaleiro ou na execução de via nova, não sendo habitualmente empregue em trabalhos de reabilitação.



Figura 5-17 Execução de soldadura elétrica [18]

Por outro lado, a união dos topos das barras pode ser realizada por meio de soldadura aluminotérmica, através de uma reação química exotérmica, a qual permite uma redução de óxido de ferro através de alumínio, originando um metal de enchimento constituído por ferro e óxido de alumínio em estado líquido. De uma forma genérica este processo inicia-se com os topos totalmente imobilizados e alinhados, estando estes posicionados com um afastamento que varia entre 19 a 48 mm, tendo associado um molde refratário que envolve os topos dos carris, possibilitando assim que o metal de enchimento aquando a sua solidificação adquira a forma do carril [17].

Sendo as soldaduras aluminotérmicas o processo mais empregue, devem ser realizadas por uma equipa experiente, composta por um soldador e um ajudante, sendo auxiliados por equipamentos, tais como, motocarril, guilhotina automática elétrica, esmeriladora portátil e um conjunto de tensores (aquando a regularização de barras). Desta forma, a operação respeita o seguinte faseamento [17]:

- Inicialmente procede-se ao corte do carril, por meio de um motocarril com um sistema de apoio fixo ao carril, assegurando um corte perpendicular ao eixo longitudinal, alinhando em seguida as barras pela mesa de rolamento com recurso à régua de soldadura que garante o alinhamento e cunhas que asseguram o travamento do carril.
- Aplicação de molde refratário, de acordo com a Figura 5-18, por forma a modelar os extremos do carril, o mesmo é pré-fabricado e constituído por duas meias peças verticais e uma horizontal, sendo este molde aplicável uma única vez.



**Figura 5-18 Aplicação do molde refratário**

- Pré-aquecimento dos topos das barras e do molde refratário, por meio de uma conjugação entre gás propano e oxigénio, com o auxílio de um queimador posicionando na parte superior do molde. Por forma a secar a barra de carril e o respetivo molde, sem o danificar, sendo que também é possível avaliar a qualidade do mesmo, analisando a estanquidade e eficiência do mesmo para a realização da soldadura.
- Preparação do cadinho descartável, conforme Figura 5-19, sendo necessário realizar uma limpeza prévia de todas as areias existentes, antes da colocação do mesmo sobre o molde. Ao colocar o cadinho sobre o molde este deve ficar centrado, por forma a que o disparo se dê sobre o centro do tampão de fecho do molde.



**Figura 5-19 Colocação do cadinho sobre o molde refratário**

- Preparação da carga aluminotérmica, a qual é retirada da embalagem e devidamente homogenizada, e posteriormente colocada no cadinho, sendo a carga protegida com a tampa do cadinho. Nesta fase também se procede à preparação de um acendedor por forma a que se dê a ignição da carga logo que conveniente.

- Após o pré aquecimento e preparação do cadinho e respetiva carga, coloca-se um fósforo no interior do cadinho, de modo a iniciar a reação da carga aluminotérmica. Depois da descarga do material em fusão, recolhe-se o cadinho e retira-se o prato das escórias após a solidificação das mesmas.
- Finalizada a reação, procede-se à desmoldagem do molde, retirando-se em seguida o metal já solidificado com recurso a uma guilhotina automática, processo este designado por descabeçamento do carril, visível na Figura 5-20.



Figura 5-20 Descabeçamento do carril com recurso a guilhotina automática

- Posteriormente ao arrefecimento da soldadura, a ligação já se encontrar solidarizada, procede-se ao reperfilamento da cabeça do carril, através da esmerilagem, conforme Figura 5-21, sendo removidos todos os excessos de metal da cabeça, alma e patilha do carril.

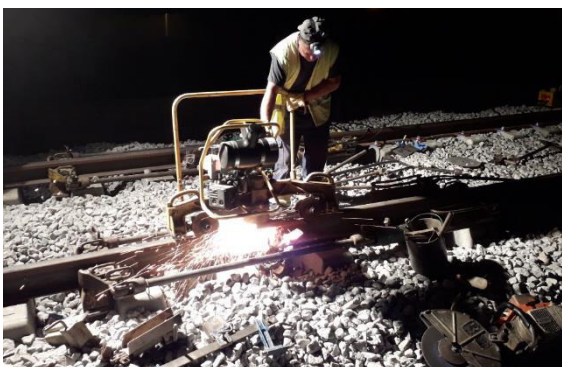


Figura 5-21 Reperfilamento da cabeça do carril com esmeriladora ligeira

Aquando a finalização das soldaduras e após um dado período de tempo, procede-se à auscultação ultrassónica, por forma a existir uma correta inspeção da conformidade e uma avaliação qualitativa das soldaduras executadas.

#### 5.2.10 Juntas isolantes

As juntas isolantes caracterizam-se por facultar a ligação entre as barras de carril, garantindo a descontinuidade elétrica entre barras, podendo ser de dois tipos diferentes:

- Junta Isolante Colada (JIC);
- Junta Isolante Normal (JIN).

A JIC é uma junta com uma resistência mecânica em tudo semelhante a uma soldadura convencional, a sua aplicação por impossibilitar a abertura de folgas entre os topos dos carris. Esta é constituída por um topo isolador, duas barretas com um núcleo metálico, seis parafusos de alta resistência com porca e anilha, seis casquilhos de nylon, que permitem isolar os parafusos, sendo que aquando a sua aplicação é incluída uma resina epóxi por forma a atribuir uma elevada resistência.

A JIN corresponde a uma placa isoladora tendo um perfil semelhante ao do carril e uma barreta igualmente isolada, essa mesma placa é inserida na abertura da junta entre os dois topos da barra, por forma a garantir o seu isolamento e por conseguinte a independência das secções de via utilizados pelos circuitos de via. Este tipo de junta pode aplicar-se em situações distintas, em troços de via onde circulem veículos de tração elétrica ou onde se recorre a instalações elétricas com a função de manobrar sinais ou agulhas de aparelhos de mudança de via. A junta é constituída por um topo isolador, duas barretas de madeira lamelada, quatro barras metálicas e quatro parafusos munidos com porcas e anilhas.

A execução de juntas isolantes é preferencialmente realizada em estaleiro, no entanto pode ser obtida autorização por parte da fiscalização e dono de obra para a realização das mesmas “*in situ*”. A execução de cada junta tem uma duração média de 1.5 h, sendo considerado um intervalo de uma hora para a passagem de circulações.

No caso da JIC deve ter-se em conta os tempos de endurecimento das colas, os quais devem ser escrupulosamente respeitados antes da passagem de material circulante.

Aquando a necessidade de corte de uma BLS para instalação de uma junta isolante, o mesmo deve ser executado a uma temperatura próxima da temperatura de referência para regularização da barra, no caso da implementação de juntas em aparelhos não existe essa necessidade de preocupação.

A furação do carril para instalação da junta é executada com máquina de furar carril de precisão adequada equipada com fresas, garantindo assim o correto espaçamento dos furos e a não existência de esmagamento dos casquilhos isolantes envolventes dos parafusos, ficando assim assegurado o isolamento elétrico da junta.



Figura 5-22 Execução de junta isolante

O aperto dos parafusos é executado recorrendo a uma chave dinamométrica devidamente calibrada, de forma a respeitar o momento de aperto preconizado pelo fabricante e normas técnicas aplicáveis.

### 5.2.11 Estabilização dinâmica

A estabilização dinâmica da via é executada por um equipamento designado, estabilizadora dinâmica de via (Figura 5-23), que permite a obtenção de uma melhoria significativa da geometria de via e uma durabilidade superior do perfil de balastro, ao anteriormente executado pela atacadeira, possibilitando assim ciclos de manutenção de via mais ligeiros.

Esta máquina através da ação vibratória assegura a imobilização completa da via e possibilita obter um grau de compactação do balastro superior, isto é, um assentamento integral das travessas no balastro.

A estabilizadora possui duas unidades de estabilização que agarram a cabeça do carril por intermédio de roletes, que provocou uma vibração sincronizada tal, que vibra lateralmente a via, enquanto a carregavam verticalmente. O equipamento simula a passagem de um tráfego que totaliza numa só passagem entre 70 000 a 140 000 ton, pelo que em termos conservativos se pode dizer que a mesma atinge 50% do assentamento possível, em termos da qualidade do balastro e do ataque que sofreu, relativamente à passagem de 1 000 000 ton de tráfego [18].



Figura 5-23 Estabilizadora dinâmica

Estando os trabalhos de estabilização concluídos, existe a necessidade de levantamento dos parâmetros geométricos de via, através de um sistema informático que representa os seguintes parâmetros em gráfico [18]:

- Nivelamento longitudinal esquerdo e direito.
- Empeno medido numa base de 3 m.
- Curva de pressão exercida sobre a via.
- Alinhamento das filas de carril.

Teoricamente, posteriormente ao ataque de via ficaram assegurados os parâmetros de via, nivelamento e alinhamento, no entanto esta fica temporariamente com uma capacidade

reduzida para resistir aos esforços dinâmicos que sobre ela são exercidos, pois a via apenas atinge a totalidade do assentamento com a passagem de 700 000 ton. Por sua vez, a resistência aos esforços laterais provocados pelas cargas exercidas e propagadas, atinge um valor máximo após a passagem de 1 000 000 de toneladas sobre a via. Assim, a realização sequencial das atividades de ataque e estabilização é relevante, uma vez que evita qualquer tipo de alteração de geometria da via e até mesmo a incrementação de custos para a entidade exploradora [18].

### 5.2.12 Regularização de barras

A regularização de barras surge devido às tensões internas, sendo assim necessário libertar a barra, colocar a mesma com o comprimento correspondente a 30 °C, e posteriormente proceder à sua fixação definitiva. Esta operação realizou-se apenas na fase final dos trabalhos de via, isto é, após a via férrea estar na posição definitiva e estabilizada, por forma a evitar o surgimento de novas tensões.

Esta metodologia poderá ser realizada com recurso aos seguintes procedimentos:

- Tensões introduzidas na BLS (tensores).
- Aquecimento natural (ação do sol).
- Aquecimento artificial (queimadores).

A regularização da BLS executa-se geralmente com recurso a tensores, este processo consiste em submeter a barra a uma força de tração tal, que provoque um alongamento, de tal modo que o comprimento adquirido seja semelhante à extensão total atingida por dilatação livre, a uma temperatura de regularização de 30 °C.

Desta forma, o procedimento de regularização de barras com recurso ao tensor hidráulico, é executado em período de interdição, respeitado a seguinte metodologia [17]:

- O início dos trabalhos dá-se com a mobilização de mão de obra e equipamento para a zona da regularização, sendo colocado um termómetro na patilha do carril, por forma a recolher a informação alusiva à temperatura. Em paralelo inicia-se a libertação da BLS, tendo em conta a seguinte sistematização:
  - Extração das fixações e elevação da barra, com recurso a macacos hidráulicos ou alavancas (bitas).
  - Remoção de palminhas e aplicação de roletes entre a travessa e o carril, com um espaçamento de 6 m.
  - Aplicação de vibrações na barra por meio de pancadas na zona a regularizar.
- Procede-se à marcação das zonas de referência, tendo um espaçamento entre si de 50 m, tendo-se identificado com um traço no carril/travessa.

- Em seguida, marcam-se os alongamentos, tendo em conta as zonas anteriormente referenciadas, com um traço na patilha do carril. De referir que o valor da dilatação de cada troço de 50 m, é alcançado pela multiplicação da extensão desse mesmo troço, pelo coeficiente de dilatação linear do aço do carril, e ainda pela diferença entre a temperatura de regularização e a temperatura a que a barra se encontra à data da intervenção e a temperatura média.
- Posteriormente à marcação das duas zonas anteriormente indicadas, executa-se o tracionamento da BLS através dos tensores hidráulicos (Figura 5-24) e implementando pancadas na barra em simultâneo por forma a facilitar o alongamento, desta forma faz-se assim coincidir a marcação dos alongamentos com as referências.

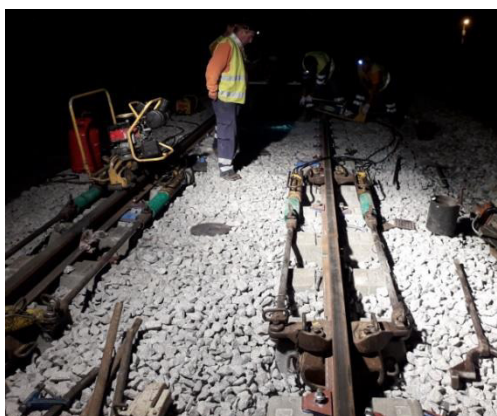


Figura 5-24 Tensionamento hidráulico da BLS

- De salientar, que nas zonas de curva, a barra tende a derrubar para o intradorso da via, assim aquando o seu tracionamento reduzem-se os comprimentos a intervir e procede-se à amarração da barra com recurso a grampos, realizando assim um trabalho com qualidade e segurança.
- Após o tracionamento da barra removem-se os roletes e colocam-se as palmilhas, procedendo de imediato ao aperto das fixações.
- Seguidamente, executa-se uma soldadura aluminotérmica, ainda com o tensor hidráulico ativo, de acordo com o processo anteriormente descrito.
- Por último, e após o arrefecimento da soldadura procede-se à desativação do tensor, processo designado por distendimento, e remoção do mesmo, verificando a qualidade de execução do processo de regularização da BLS.

### 5.2.13 Esmerilagem preventiva

A esmerilagem preventiva ocorre por forma a eliminar o defeito de laminagem do carril, sendo este acontecimento denominado por desgaste ondulatorio dos carris. Esta atividade permite ainda criar uma “película” superficial de endurecimento da mesa de carril contribuindo assim para o acréscimo de dureza e portanto para uma maior longevidade do carril.

O desgaste ondulatório do carril caracteriza-se pela manifestação de ondulação longitudinal na mesa de rolamento, sendo este fenómeno recorrente aquando a transição de material circulante com cargas elevadas e a velocidades baixas, isto em zonas com curvas de raio diminuto, em ambas as filas, mas principalmente na fila alta. O efeito deste fenómeno passa pela trepidação dos rodados do material circulante e conseqüentemente mau estar para os passageiros que transitam a linha [17].

Por forma a combater esta deficiência, preconiza-se a operação de esmerilagem de uma forma preventiva antes da entrada da via em exploração, na qual é retirada a cabeça do carril, numa espessura que variou entre um mínimo de 0.20 mm e um máximo de 0.30 mm. Assim, a atividade assenta nos seguintes princípios [18]:

- O equipamento de esmerilagem executa o desgaste da mesa de rolamento, por meio do contacto das mós abrasivas com o carril, tendo estas mós um sistema de injeção de água associado. A esmeriladora tem incorporado um sistema de injeção de água, que permite minimizar o aquecimento dos materiais e o ruído causado pela ação, e ainda assegurar a limpeza dos detritos provenientes da intervenção [18], [21].



**Figura 5-25 Esmeriladora de carris [18]**

- No decorrer da operação de esmerilagem preventiva, são realizadas medições ao carril, com recurso a um equipamento designado “comparador”, o qual permite calcular a quantidade de material extraído.
- Após terminar o trabalho são ainda realizadas medições por meio de um sistema gráfico incorporado no equipamento, que permite verificar as imperfeições residuais por forma a respeitar os valores toleráveis.

Desta forma, tendo o nivelamento definitivo da via concluído procede-se de imediato à esmerilagem preventiva do carril, por forma a colocar a linha em exploração após a receção provisória, pois esta atividade tem um prazo máximo de realização de 3 meses.

#### 5.2.14 Piquetagem definitiva

A piquetagem definitiva tem como base os dados do traçado de via, os quais são aferidos após todos os trabalhos que alteram a piquetagem existente se darem por concluídos, ou seja, numa fase final da empreitada. Assim, após a via se encontrar às cotas de projeto realiza-se o levantamento das flechas e procede-se ao cálculo das correções necessárias, por forma a se proceder à implementação da piquetagem definitiva, tendo uma exatidão milimétrica.

A implementação da piquetagem realiza-se geralmente com recurso a estacas em perfil UNP, no entanto a mesma pode ser aplicada nos cais das plataformas de passageiros, postes de catenária, estruturas de contenção ou obras de arte.

Nas zonas onde ocorre a aplicação de estacas, estas devem ser implantadas a 2.25 m da face de guiamento do carril. De ressaltar que em via única a sua aplicação dá-se no lado esquerdo da via, no sentido crescente da quilometragem, sendo que em via dupla a etiquetagem é colocada no exterior das vias.

Planimetricamente a piquetagem é implantada segundo o traçado da via férrea, existindo assim diferenças aquando esta se desenvolve em reta ou curva. Assim, em reta o afastamento da estacaria deve ser de 200 m no máximo, sendo que aquando a sua aplicação em postes de catenária ou outros elementos deverá respeitar igualmente esta distância. Por outro lado, em curva são piquetados os extremos da curva e as respetivas zonas de transição quando as mesmas possuem diversos raios, a estaca indica tanto o traçado da curva em planta como a respetiva cota de nivelamento [17].

A piquetagem também é materializada longitudinalmente, sendo que as cotas indicadas são referentes à mesa de rolamento do carril, referenciando assim as curvas de concordância verticais, côncavas ou convexas, e ainda as mudanças de trainel. De referir que na presença de zonas em que o *gabarito* esteja condicionado, como por exemplo uma obra de arte, também deve ser implementada piquetagem [17].

Os aparelhos de mudança de via são igualmente piquetados, em particular a junta da contralança e a ponta matemática da cróssima, sendo igualmente aplicadas estacas onde consta informação alusiva ao AMV em causa, de acordo com a metodologia anteriormente elencada.

#### 5.2.15 Veículo de inspeção EM 120

Concluída a piquetagem definitiva, torna-se possível realizar a recepção dos trabalhos executados na infraestrutura ferroviária, sendo que para isso é necessário recorrer ao veículo de inspeção, conforme ilustrado na Figura 5-26, por forma a executar uma correta verificação da geometria de via e uma inspeção ao perfil transversal da via e do próprio carril

[18]. De salientar que este mesmo aparelho também averigua a geometria da catenária e ainda possui um sistema de georadar.



Figura 5-26 Veículo de inspeção de infraestruturas ferroviárias EM 120 [18]

### 5.3 Instalações fixas de tração elétrica

A tração elétrica corresponde a um sistema que compreende diversos subsistemas, em particular, a fonte de energia elétrica, a linha de transmissão da fonte à carga, a linha de transmissão da carga à fonte, e a respetiva carga, isto é, a unidade motora (locomotiva ou automotora), a qual realiza a ligação entre as linhas de transmissão referidas anteriormente utilizando a energia elétrica para accionamento dos motores [19]. Na Figura 5-27, apresenta-se uma representação do sistema elétrico.

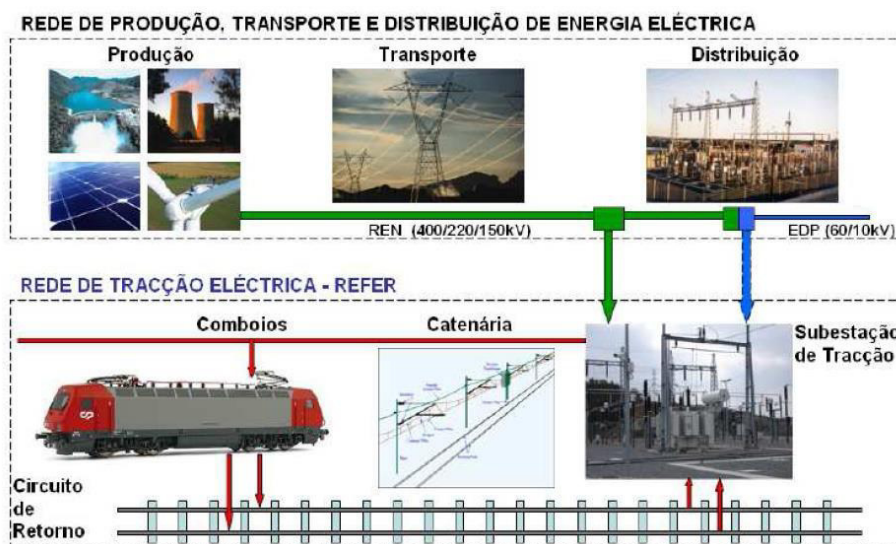


Figura 5-27 Representação esquemática do sistema elétrico [19]

A linha de transmissão da fonte à unidade motora é designada habitualmente por catenária, a qual é constituída por um fio suportado por um ou mais cabos, montados sobre os carris a uma determinada altura destes. Desta forma, a catenária é a linha de transmissão típica da tração elétrica ferroviária.

A catenária é concebida tendo em conta a carga que se liga a si através do pantógrafo, o qual corresponde a uma estrutura tubular onde se apoia um “patim” com uma zona útil de captação em material condutor, que desliza sob o fio de contacto (FC). O FC é suspenso por um cabo, designado cabo de suporte (CS), sendo a suspensão do fio do CS realizada através de pêndulos [19].

Esse mesmo FC e CS encontra-se suspenso com recurso aos apoios de catenária, designados por consolas, sendo estes apoios diferentes consoante a catenária que suportam (catenárias de corrente contínua ou alternada), essas consolas são amarradas a postes, os quais serão selados ao maciço de catenária.

Tendo em conta as diferenças de temperatura ao longo do ano, os diversos condutores da catenária devem estar submetidos a uma força tensora tal, para que esta seja constante com a temperatura. Essa força consegue-se à custa de amarrações compensadas, realizadas por meio de um aparelho tensor, constituído por um sistema de roldanas e pesos. A distância entre duas amarrações consecutivas designa-se lanço, sendo o seu comprimento máximo função da gama de temperaturas e tipo de aparelho tensor (cadernal ou roldana dupla) [19].

Em suma, esta instalação fixa de tração elétrica corresponde a uma linha aérea instalada sobre a via férrea, tendo como principal meta o fornecimento de energia elétrica ao material circulante, sendo constituída por fio de contato, cabo de suporte, pêndulos e um conjunto de elementos estruturais que permite o seu suporte, nomeadamente, postes, consolas e pórticos.

Desta forma, as instalações fixas de tração elétrica correspondem a uma linha aérea instalada sobre a via férrea, designada por catenária, tendo como principal objetivo o fornecimento de energia elétrica ao material circulante. A sua concretização assenta na execução das atividades apresentadas em seguida, sendo realizada posteriormente uma caracterização e análise com maior detalhe, por forma a assegurar uma correta conjugação entre as mesmas.

- Piquetagem inicial, escavação e betonagem de maciços.
- Montagem e selagem de postes.
- Montagem de espias e amarrações.
- Montagem de consolas.
- Montagem das aparelhagens elétricas.
- Desbobinagem da catenária e *feeder*.
- Pendulagem e regulação.
- Ligações de equipamentos elétricos.
- Verificações e ensaios finais.

### 5.3.1 Piquetagem inicial, escavação e betonagem de maciços

A piquetagem de maciços consiste na materialização rigorosa “*in situ*” das suas localizações, orientações e cotas, através de implantação topográfica do eixo da cavidade que irá receber o poste, a qual é definida pela planta de piquetagem e cadernos de piquetagem.

Os técnicos associados a esta atividade, topógrafo e porta miras, realizam as suas medições, entre maciços, e inscrevem numa estaca de piquetagem ou no carril o número do maciço, o tipo e a sua implantação (Figura 5-28), por forma a ser possível materializar no terreno com recurso a uma pintura a geometria a escavar. Esta equipa de piquetagem têm ainda a responsabilidade de verificar as condicionantes no terreno, por forma a detetar possíveis linhas aéreas, travessias de cabos entre outros possíveis obstáculos.



Figura 5-28 Piquetagem de implantação de poste de catenária

A escavação dos maciços pode ser realizada quer manualmente, quer por meios mecânicos apropriados à natureza do terreno (retroescavadora ou mini-giratória), por forma a permitir a realização das escavações com as dimensões prescritas. Estes trabalhos são executados com as devidas precauções usando-se entivações sempre que necessário, a fim de não ser posta em causa a estabilidade da plataforma de via. Os solos provenientes da escavação removidos por um vagão de terras ou camião basculante, e transportados a vazadouro autorizado.

De salientar que caso o solo não possua capacidade resistente para suportar as ações a que o maciço se encontra esposto, é necessário existir uma intervenção geotécnica, isto é, por meio da realização de micro-estacas, com o objetivo de atingir a resistência requerida.

Sempre que necessário, face às condições locais, são montadas cofragens por forma a garantir as dimensões e nivelamento dos maciços preconizados, sendo também instaladas carotes por forma a criar o negativo para montagem do poste de catenária, conforme se encontra ilustrado na Figura 5-29.



**Figura 5-29 Fundação do maciço de catenária**

Posteriormente à execução da fundação, procede-se à betonagem do mesmo, a qual deve ser realizada com betão pronto, mediante a utilização de camião betoneira ou vagão betoneira em caso de falta de acessibilidade por meio rodoviário, aquando a aplicação desse mesmo betão deve ser executada em paralelo a sua vibração, por forma a eliminar os vazios e obter assim uma perfeita homogeneização.

De referir que os estribos dos maciços de amarração são instalados segundo este mesmo procedimento.

### **5.3.2 Montagem e selagem de postes**

Os postes de catenária correspondem a perfis metálicos galvanizados a quente, sendo os mesmos encastrados em maciços de fundação, estes perfis podem ser geminados quando estão submetidos a cargas superiores, tendo a designação de postes duplos.

Estes postes têm incluída uma furação que comporta as ferragens de fixação, as quais são previamente montadas em estaleiro. O transporte dos postes para o local de montagem realiza-se por meio ferroviário ou rodoviário, conforme o acesso disponível ao local, sendo posteriormente distribuídos com o seu número de acordo com a numeração do maciço onde ocorre o seu encastramento.

A aplicação dos postes realiza-se com o auxílio de uma grua acoplada ao meio de transporte usado, com recurso a cunhas de madeira colocadas entre o poste e as paredes internas da carote do maciço executa-se a regulação da sua implantação e inclinação (contraflecha e verticalidade) com um nível de metro, denominado bandolim.

A selagem dos postes nos maciços é executada com recurso a betão com a adição de um hidrófego, sendo realizada em paralelo a vibração do selante, para assegurar o perfeito preenchimento da cavidade do maciço (carote), possuindo assim o aspeto final representado na Figura 5-30.



**Figura 5-30 Poste de catenária selado**

Os postes de catenária são equipados com dados de proteção e maciços de assentamento dos contrapesos, sendo que esta atividade apenas se efetua quando a catenária se encontra regulada e com totalidade da carga mecânica definida em projeto, por forma a não provocar a fendilhação dos dados devido à flexão dos postes.

Em obras de arte os postes são fixados com chubadores à respetiva estrutura, sendo que essas mesmas soluções estruturais são especificadas nas instruções técnicas da IP.

### **5.3.3 Montagem de espias e amarrações**

A montagem das espias é realizada pela extremidade superior da mesma, realizando a união desta à peça de amarração respetiva, procedendo-se em seguida à montagem nos estribos de amarração junto ao solo. O seu tensionamento é executado de forma provisória, até que o poste tenha as suas cargas definitivas aplicadas, após o lançamento dos cabos de catenária realiza-se o ajuste definitivo, colocando massa lubrificante nas zonas roscadas quer da espia, quer dos estribos de amarração para prevenir uma eventual oxidação.

Os aparelhos tensores (AT) do tipo cadernal são constituídos por um sistema de 5 roldanas com 2 rolamentos cada, garantindo assim uma desmultiplicação. Estes aparelhos estão amarrados à catenária permitem manter constante a força tensora dos cabos entre as temperaturas de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  em zonas frias) e  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . O equilíbrio do conjunto é mantido pela suspensão no aparelho tensor de contrapesos de betão [17].

Os AT devem ser montados nos postes e travados antes de ter início a operação de desbobinagem, posteriormente, durante a desbobinagem os cabos são ligados ao AT e tensionados mecanicamente (Figura 5-31). Executada esta operação, é colocada uma roldana

de equilíbrio entre o AT e os cabos que foram desbobinados, permitindo desta forma que estes possam dilatar sem abrir ou fechar o AT, ou seja, a roldana fica a funcionar como sistema de equilíbrio provisório dos cabos.



**Figura 5-31** Tensionamento dos cabos ligados ao aparelho tensor [18]

Após 72 horas executam-se os trabalhos de regulação da catenária tais como, abertura de catenária, regulação das consolas, pêndulagem, correcção de desalinhamentos e regulação da altura do FC. Concluídos os trabalhos de regulação de catenária é ajustada e acertada a regulação do AT, Para tal retira-se a roldana de equilíbrio, verifica-se e regula-se as cotas X e Y, de acordo com tabela do Anexo II da IT-C-036, em função da temperatura ambiente e da distância ao antideslizamento (ou amarração fixa) [17].

Para as catenárias onde a velocidade a praticar seja até 160 km/h, a força tensora de tracção do FC e CS deve ser de 1000 Kg (para cada um), mantidas constantes entre as temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $60^{\circ}\text{C}$  através de aparelho tensor ligado simultaneamente aos dois condutores. No caso da catenária ser para velocidades entre 160 e 220 km/h a força tensora de tracção deve ser de 1200 Kg [17].

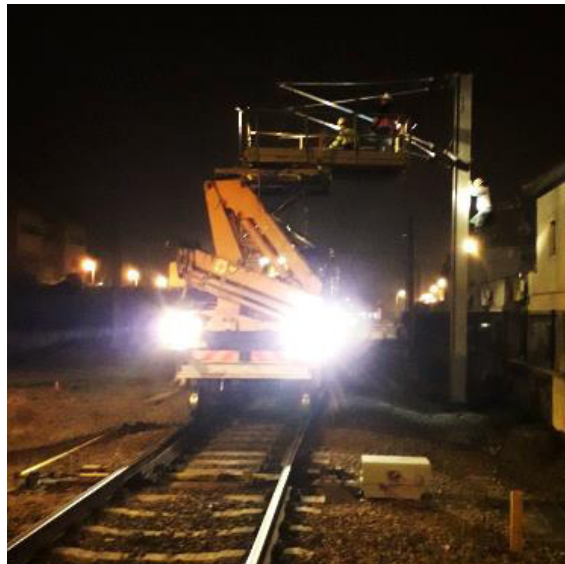
#### **5.3.4 Montagem de consolas**

As consolas podem variar consoante o que se encontra definido no caderno de montagem, podem as consolas ser de diversos tipos (simples, dupla ou tripla). As consolas são pré montadas em oficina e corretamente etiquetadas com o número do poste a que pertence, depois desta atividade são transportadas para a frente de trabalhos com meio rodoviário ou ferroviário, conforme o acesso disponível no local de montagem, sendo distribuídas ao longo da linha junto dos postes respectivos.

De salientar que as consolas duplas além da etiquetagem anteriormente referida, também deve possuir a indicação da posição da consola (se esquerda, se direita, se centrada, se descentrada, com o lado da descentralização). Por outro lado, as consolas triplas são

marcadas de modo igual às duplas, referindo apenas como a terceira consolas é centrada e fixada ao poste.

As consolas podem ser instaladas manualmente, com recurso a “polias” e cordas, ou a partir de um veículo equipado com plataforma elevatória (Figura 5-32). Independentemente dos meios utilizados, o procedimento de instalação das consolas no poste consiste na fixação do tirante e do tubo da consola às ferragens previamente instaladas no poste.



**Figura 5-32 Montagem de consola dupla**

Nesta fase não é executada a regulação da consola, pois esta apenas se realiza após o lançamento da catenária (cabo de suporte e fio de contacto).

Por motivos de segurança e por forma a prevenir eventuais danos, as consolas são travadas provisoriamente ao poste, por um dispositivo de bloqueio, impedindo assim o seu movimento horizontal que possa ocorrer de forma brusca.

### **5.3.5 Montagem das aparelhagens eléctricas**

A aparelhagem eléctrica corresponde a equipamentos que permite ligar ou desligar duas secções elementares de catenária, os dispositivos que asseguram essa função são os interruptores, disjuntores e seccionadores.

Os interruptores são aparelhos que permitem o corte em carga por manobra manual ou telecomandada, a partir de um Posto Central de Telecomando (PCT). Por sua vez, os disjuntores são interruptores, que permitem adicionalmente o corte automático em caso de situação de defeito, por acção dos relés de protecção.

Os interruptores e os disjuntores não devem ser instalados em postes que suportem catenária, mas, sim em postes especificamente montados para o efeito, que poderão ter, ou não, a mesma implantação dos postes de catenária.

A montagem e ligação desta aparelhagem está descrita em desenhos específicos de projeto, nos catálogos dos fabricantes e/ou na IT-C-048 da REFER [17].



**Figura 5-33 Montagem e ligação de aparelhagem elétrica**

Os seccionadores consistem em aparelhos que apenas podem manobrar em vazio e são geralmente montados em postes de suporte da catenária. Existem alguns seccionadores que permitem ligar à terra a catenária desligada, designados por seccionadores de terra.

A manobra dos seccionadores pode ser feita através de um manípulo (comando manual) ou por comando eléctrico (comando motorizado) a partir do PCT. A ligação do comando manual ou motorizado aos seccionadores é feita através de uma vara de comando, sendo instalada no solo, junto ao comando, uma plataforma de manobra.

O comando motorizado de um seccionador é constituído por uma caixa metálica que possui no seu interior um motor, este, quando accionado, faz rodar um mecanismo que se encontra ligado à vara de comando, manobrando desta forma o seccionador. Deve ser pintada na frente da caixa, com tinta apropriada, o número correspondente ao seccionador respetivo.

Nas linhas principais e sempre que o esquema eléctrico o indicar, o seccionador será associado a um transformador de medida de tensão, ligado à catenária através de um seccionador, designando-se a montagem por posto auxiliar. Podendo em certos casos, o transformador de tensão será montado num poste de catenária.

Os cabos de ligação são instalados no caminho de cabos da sinalização e telecomunicações, ou em vala se este não existir.

No sistema 2x25KV, os seccionamentos de lâmina de ar (SLA) são equipados com seccionadores bipolares, de comando único. Um dos polos destes seccionadores é ligado à catenária (SLA) e outro ao feeder, que tem um isolamento longitudinal junto ao poste. O transformador de tensão nestes casos será montado noutra poste [17].

Os postes onde forem instalados seccionadores, serão identificados por uma faixa branca de 15 cm de altura a toda a volta do poste, pintada com tinta apropriada, a cerca de 2 m do solo. Os postes limite, indicados no esquema eléctrico, serão identificados por uma faixa vermelha de 15 cm de altura em toda a volta do poste, a cerca de 2 m do solo [17].

### **5.3.6 Desbobinagem de cabos**

Os cabos associados à eletrificação de um troço de catenária envolvem diversos campos de aplicação, sendo de seguida apresentada a sua função e especificação, bem como a sua metodologia de desbobinagem para os seguintes cabos:

- Cabo de Terra Aéreo.
- Cabo de Feeder.
- Cabo de Suporte e Fio de Contacto.

#### Cabo de Terra Aéreo

O sistema de terras e retorno da corrente de tracção constitui parte integrante do projecto de catenária, a sua função é garantir a continuidade e a boa distribuição da corrente de retorno de tracção, bem como a protecção de pessoas e bens situados na proximidade de uma linha electrificada.

O sistema de terras das linhas electrificadas possui duas alternativas distintas, o Sistema de Terras Tradicional (STT) que prevê eléctrodos de terra “pontuais” (piquets), ou o Sistema de Terras Universal (STU) que utiliza um eléctrodo contínuo, isto é, um cabo de cobre de 48 mm<sup>2</sup> enterrado longitudinalmente ao longo do troço [17].

Assim, todos os postes e estruturas da catenária sem tensão eléctrica são ligados à terra, sendo essa mesma ligação realizada através de um cabo de terra aéreo (CdTA) em alumínio-aço de 93.3 mm<sup>2</sup> ligando todos os postes. De referir, que no entanto essas ligações à terra são alvo do projeto de terras específico (RCT+TP) o qual pode contemplar outras ligações [17].

Os trabalhos de desbobinagem do CdTA realizam-se por meio de desbobinadores que se encontram fixos em vagões ou camiões grua. O seu lançamento é executado tendo realizado

inicialmente uma fixação provisória na extremidade do lançaço, posteriormente procede-se à desbobinagem do cabo à sua colocação em roldanas que estão suspensas no lado externo dos postes de catenária; deve-se ter o maior cuidado para não danificar o cabo.

Esta desbobinagem pode ser realizada através da movimentação do desbobinador, que permite o desenrolar do mesmo ao longo da via, ou em alternativa, a bobine de cabo pode ficar imóvel sendo o cabo desenrolado manualmente com auxílio de um guincho.

Após o seu lançamento é executado o seu tensionamento através de um dinamómetro e um termómetro, devidamente calibrados, respeitando a tabela de regulação da ITC-036. Na sequência do tensionamento, o cabo é transferido das roldanas provisórias para as pinças de suspensão acopladas a cada poste, sendo instalados isolamentos intermédios [17].

### Cabo de Feeder

O cabo de feeder consiste num cabo de cobre aéreo, e tem como meta o transporte adicional de energia. O feeder é montado no topo dos postes de catenária, através da acopolação de um postalete com uma consola de feeder apropriada.

A montagem do mesmo deve ser executada preferencialmente antes da montagem das consolas que suportam a catenária propriamente dita (CS e FC), pois de outra forma estas tornam-se um obstáculo à montagem do feeder.

A desbobinagem do cabo de feeder executa-se através da fixação provisória do cabo numa extremidade, desbobinando-se o cabo com o apoio de uma tração motora, posteriormente este é elevado e suspenso na consola de feeder através de uma roldana provisória que permite o seu deslizamento no sentido longitudinal sem o danificar o cabo.



**Figura 5-34 Desbobinagem do cabo de *feeder***

Tendo decorrido a desbobinagem do lançaço em questão este é tensionado respeitando a tabela da ITC-036 da IP, através de um dinamómetro e de um termómetro. Posteriormente ao

tensionamento do cabo, são retiradas as roldanas das consolas e procede-se à montagem do isolador e respetiva pinça de suspensão do feeder em todos os apoios [17].

De referir que aquando à passagem do cabo de feeder em estações e obras de arte, que coloque em causa a segurança de pessoas e animais, este cabo é substituído pelo cabo seco. Desta forma, aquando a sua passagem em estações o mesmo é aplicado em canetele enterrado no solo, enquanto que em obras de arte o mesmo é colocado em calhas técnicas metálicas, posteriormente à transposição da zona de perigo o mesmo já pode passar a cabo de feeder aéreo.

#### Fio de Contacto e Cabo de Suporte

Antes do início de qualquer desbobinagem todos os postes, consolas e pórticos referentes ao lanço que vai ser desbobinado deverão estar montados de acordo com as plantas de piquetagem e cadernos de montagem. As consolas, tratando-se de montagens orientáveis, deverão ser travadas com dispositivos próprios. Todos os pontos de suspensão dos cabos ao longo do lanço de catenária deverão ter roldanas para permitir o deslizar dos cabos.

Durante as operações de desbobinagem a tensão dos cabos deverá ser controlada de forma a evitar que estes toquem no solo. No caso do FC, deve-se evitar a sua torção, de forma a que este não rode sobre si mesmo, causando eventuais deformações.

Nas desbobinagens onde haja cruzamentos de catenárias, o FC da via secundária passará sempre por cima do FC da via principal. Nas zonas comuns e seccionamentos de lâmina de ar os cruzamentos das catenárias deverão, sempre que possível, ser executados no primeiro vão da amarração que surge no sentido normal da marcha dos comboios.

Para maior facilidade nas desbobinagens, estas devem ser realizadas no sentido normal das circulações em cada via.

No início da desbobinagem amarram-se os cabos numa das extremidades do lanço. Caso se trate de uma amarração compensada, o AT deverá ser bloqueado para uma correta desbobinagem. Após a desbobinagem este deverá ser desbloqueado.

As tensões de montagem dos cabos e fios são as referidas nas tabelas do Anexo I da IT-C-036 [17].

O cabo de suporte e o fio de contato são lançados a partir da plataforma de via por intermédio de dresine de tração e uma plataforma de desbobinagem equipada com um desbobinador de tambores.



**Figura 5-35 Lançamento de cabos condutores**

O lançamento destes cabos realiza-se com os mesmos em tensão mecânica, por forma a permitir o alongamento dos cabos sem deformações. Assim, os eixos do porta bobines encontram-se equipados com um travão hidráulico independente, o que permite o ajuste da tensão mecânica de desbobinagem do CS e FC em separado, sendo que essa mesma tensão já corresponde à tensão final do tipo de catenária a montar.

Os cabos condutores antes de serem lançados passam por um conjunto de tambores hidráulicos, os quais permitem controlar a tensão exata da desbobinagem “obrigando” estes a deformar e a adquirir a sua elasticidade definitiva.

Com este método de desbobinagem pode-se colocar imediatamente o CS diretamente nas pinças das consolas e grifar o fio de contato nos braços de chamada, minimizando desta forma deformações no fio de contato. Sendo os condutores posicionados nos seus respetivos alinhamentos através de um posicionador hidráulico de catenária com roletes de teflon e com plataforma elevatória de trabalho automotriz.

### **5.3.7 Pendulagem e regulação**

Os pêndulos asseguram a ligação mecânica entre o CS e o FC, sendo que os mesmos são definidos em função do tipo de catenária ou do comprimento do vão. Estes pêndulos são em cabo de bronze, sendo pré-fabricados e identificados em oficina antes de seguirem para o terreno, aí serão distribuídos no vão conforme tabelas de pendulagem.

As distâncias entre pêndulos são medidas com fita métrica, por sua vez a sua fixação ao CS e FC dá-se através de grifes. Aquando a regulação dos pêndulos deve ser assegurada a perpendicularidade dos mesmos, bem como o seu correto espaçamento, por forma a garantir uma correta distribuição dos mesmos e de não existirem pêndulos sem tensão mecânica e a garantir uma correta distribuição dos mesmos.

Assim, a pendulagem deve ser executada com equipamentos ferroviários, nomeadamente, uma dresine com plataforma elevatória de trabalho ou uma escada motorizada.

Realizada a pendulagem é necessário proceder à regulação, por forma a assegurar que todas as cotas são respeitadas, conforme se encontra preconizado no caderno de montagem. A regulação da catenária propriamente dita, contempla os seguintes parâmetros [17]:

- Altura do CS.
- Altura do FC.
- Desalinhamento do CS e do FC de acordo com o projeto.
- Regulação, ao nível do AT, das cotas de posição em altura dos contrapesos e abertura do aparelho tensor, designadas por cotas X e Y.
- Regulação das consolas.

Desta forma os trabalhos de regulação de catenária executam-se segundo a metodologia apresentada em seguida [17]:

1. Posteriormente à execução dos trabalhos de desbobinagem do FC e CS e após 72 horas uma equipa de catenária faz a abertura do lanço de catenária, retirando o CS e FC das roldanas e colocando-os, respetivamente, nas pinças das consolas ou pórticos e nas grifes dos braços de chamada. Sendo sempre garantida a abertura de catenária (distância entre CS e FC nos suportes) prevista em projeto.
2. Simultaneamente é colocada uma roldana de equilíbrio no AT, para permitir uma correta regulação da catenária (FC+CS) sem contudo mexer na regulação do AT.
3. Executa-se a regulação das consolas (Figura 5-36).
4. Realizam-se as operações de pendulagem de acordo com o descrito anteriormente.
5. Corrige-se a altura do FC de acordo com peças de projeto.
6. Corrigem-se os desalinhamentos da catenária de acordo com as plantas de piquetagem.
7. Retira-se a roldana de equilíbrio do AT e executa-se a amarração definitiva (do FC+CS) no AT, fazendo-se simultaneamente a regulação do brinco de amarração e das cotas X e Y do AT de acordo com Anexo II da IT-C-036.



**Figura 5-36 Regulação de consola**

Tanto a regulação das consolas como dos aparelhos tensores é realizada em função da temperatura e da distância ao ponto fixo (antideslizamento) do lanço da catenária. As tabelas respetivas constam da IT-C-036 da REFER [17].

As ligações elétricas na catenária destinam-se, por um lado, a garantir a ligação elétrica do CS ao FC por forma a evitar diferenças de potencial entre ambos e por outro, a garantir a continuidade elétrica entre lanços sucessivos de catenária, nas chamadas zonas comuns.

São realizadas em cabo de cobre flexível, sendo o contato elétrico garantido por garras adequadas. As ligações elétricas são montadas com folga no cabo para garantir que diferenças de dilatação entre o CS e o FC não originam a rutura da ligação.

### 5.3.8 Ligações de equipamentos elétricos

De acordo com o esquema elétrico e caderno de montagem, o projeto preconiza a instalação de seccionadores telecomandados, transformadores de alimentação e tensão e ainda interruptores de média tensão.

Na montagem dos seccionadores deve ser verificada e ajustada a correta abertura e fecho dos mesmos. Estes seccionadores são equipados com plataformas de manobra devidamente ligadas à terra. Por sua vez, aquando a montagem dos interruptores da catenária é verificado o mecanismo de disparo e respetivas folgas.

Após a catenária ser alimentada eletricamente, execução uma correta verificação do funcionamento dos transformadores de tensão e alimentação, através de um multímetro, analisando assim se os valores de voltagem obtidos correspondem ao desejado.

Os isoladores de secção (Figura 5-37) são instalados segundo o esquema elétrico, plantas de piquetagem e caderno de montagem, permitindo assim que a sua instalação seja realizada num ponto de desalinhamento nulo do FC. Após marcação do local de instalação procede-se ao corte físico do fio de contato e do cabo de suporte.



Figura 5-37 Montagem de isolador de secção na ZN

O isolador de secção deve ser regulado com especial atenção, numa primeira fase para garantir a sua horizontalidade, e numa segunda para assegurar um correto ajuste e regulação do isolador, isto com ao auxílio de um pantógrafo.

Aquando a montagem do isolador de secção, deve ser assegurada a passagem do patangrado pelo isolador de uma forma suave, por forma a não existirem pancadas que possam danificar as escovas do pantógrafo.

As ligações elétricas são essenciais à exploração segura de todo o sistema de tração elétrica, sendo necessárias as ligações na catenária (entre cabo de suporte e fio de contacto), entre catenárias (entre zonas comuns e aparelhos de mudança de via) e à catenária (entre transversal de alimentação e catenária propriamente dita).

Estas ligações são realizadas em cabo de cobre nú, com o auxílio de pinças e garras adequadas. O correto aperto das pinças e garras e a folga do cabo da ligação para suportar o “correr” normal da catenária, são cuidadosamente observados e verificados, por forma a assegurar uma instalação correta. Os seccionadores (Figura 5-38) telecomandados são equipados com uma caixa de comando elétrico instalada no poste devidamente identificada através de uma faixa branca que é pintada da tampa da mesma, sendo também pintado o número do poste onde esta se encontra implantada.



**Figura 5-38 Seccionador**

A ligação dos cabos de telecomando tipo XAV à cabine de comando ou sala de comando são acompanhadas pela entidade fiscalizadora e por um representante do dono de obra. De salientar que são realizados ensaios de continuidade dos condutores e ensaios de isolamento dos mesmos, anteriormente à ligação dos mesmos no respetivo bastidor [17].

Os cabos elétricos a instalar são do tipo XAV, tendo diferentes constituições consoante a função para a qual se encontram especificados, sendo as utilizações de maior relevância elencadas em seguida [17]:

- Comando de seccionadores.
- Sinalização da posição de seccionadores.
- Sinalização de tensão na catenária.
- Comando e sinalização de interruptores.
- Alimentação de cabines e/ou estações.

A instalação destes cabos elétricos deve encontrar-se preparada de forma a cumprir todos os critérios apresentados, nomeadamente no que se refere à não existência de emendas ou junções ao longo do seu percurso. Este trabalho deve ser realizado por uma equipa específica e acreditada para desempenhar estas funções, sendo que nesta fase será necessária uma afetação por parte das equipas de montagem de catenária para a sua função primordial.

### 5.3.9 Verificações e ensaios

Na fase final da empreitada de eletrificação é necessário proceder à realização de diversas verificações, sendo as mesmas realizadas de acordo com as intruções técnicas em vigor para a colocação em serviço da catenária, sendo analisados e registados os parâmetros [17]:

- Altura e desalinhamento do fio de contacto.
- Implantações.
- Contra-flechas.
- Abertura da catenária.
- Regulação de aparelhos tensores.

As verificações ao comportamento dinâmico e geométrico da catenária executam-se com um veículo de conservação de catenária (VCC), apresentado na Figura 5-39, ou com recurso a uma marcha composta por uma composição elétrica tracionada por uma locomotora a diesel, sendo ambos equipamentos específicos do dono de obra [18], [21].

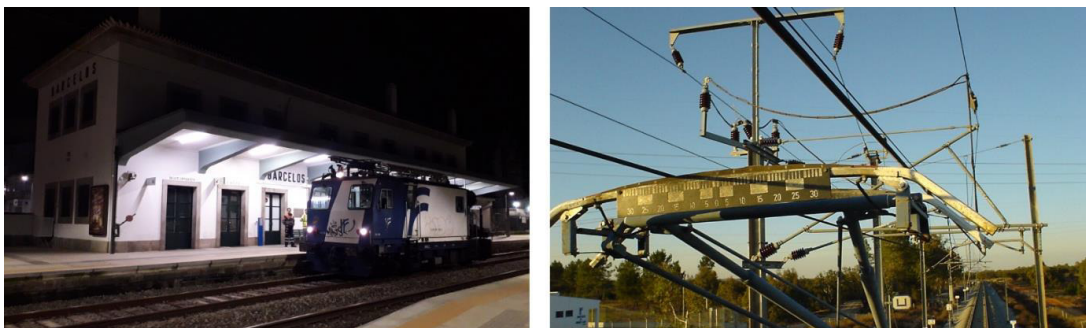


Figura 5-39 Verificações com veículo de conservação de catenária (VCC)

Dada por concluída toda a atividade num dado troço, torna-se possível proceder à realização de diversos ensaios, os quais permitem aferir o isolamento e continuidade da catenária, por forma a assegurar uma circulação em segurança. Os ensaios a realizar à instalação são referidos de seguida [17]:

- Cabo de telecomando.
- Dinâmico.
- Funcionamento dos seccionadores e interruptores.
- Continuidade do CdTE.
- Carril partido.
- Colocação em tensão e ensaio de curto circuito.

Após a resolução de possíveis patologias que tenham sido detetados aquando as verificações e averiguação da conformidade dos ensaios anteriormente descritos, a IFTE encontra-se apta para a emissão de certificado para abertura à exploração com material circulante elétrico.

## 5.4 Considerações Finais

No desenvolvimento do caso de estudo foi possível detalhar por área de especialidade as atividades e o procedimento operacional para uma correta laboração aquando os trabalhos de via férrea e infraestruturas fixas de tração elétrica, tendo sido estabelecida a precedência entre as principais atividades, considerando possíveis cenários que geralmente se podem equacionar, concretamente:

- Modernização de troço de linha não eletrificado, para exploração em modo não elétrico.
- Modernização de uma linha, incluindo a instalação de IFTE.
- Construção de uma nova linha para exploração em modo elétrico.

### 5.4.1 Modernização de troço de linha não eletrificada, para exploração em modo não eléctrico

Na presença de uma via não eletrificada, não existe qualquer tipo de interligação entre a via férrea e as instalações fixas de tração elétrica, pois apenas deve ser equacionada a temática da via, envolvendo simplesmente a infraestrutura e superestrutura ferroviária, de acordo com o planeamento ilustrado na Figura 5-40.

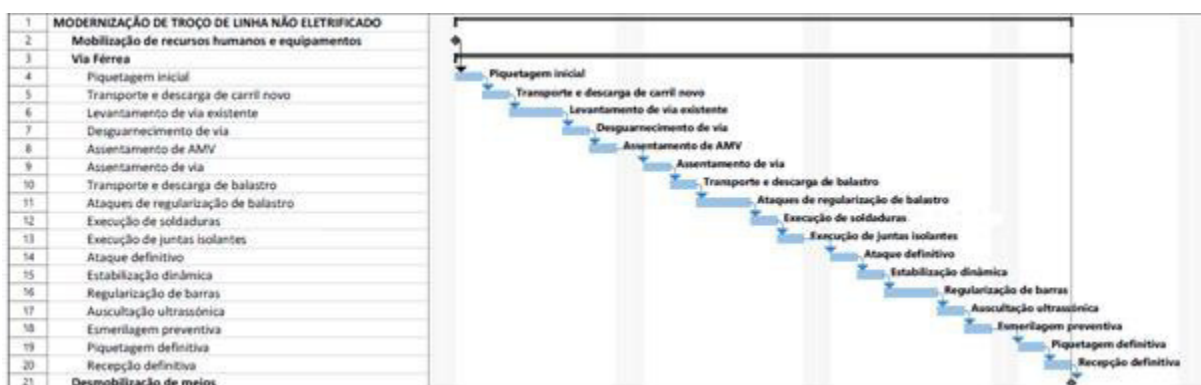


Figura 5-40 Planeamento de modernização de troço de linha não eletrificado

O troço de via férrea inicia-se com a execução da infraestrutura, nomeadamente com a criação da plataforma e todos os órgãos de drenagem associados, sendo estes trabalhos realizados por equipas de terraplenagem e construção civil, sendo que tarefa não se encontra discriminada no planeamento. Após a conclusão da infraestrutura pode-se iniciar a piquetagem inicial, tanto para efeitos de assentamento de via propriamente dita como para implantação de AMV.

Com a execução de eventuais variantes torna-se necessário proceder à ligação destas a uma linha ferroviária existente, sendo normalmente necessário proceder à instalação de AMV para desviar a circulação para o novo itinerário. Posteriormente à instalação do(s) AMV, passa a ser possível executar o assentamento de via preconizado.

Dada por concluído o assentamento de aparelhos e da via em osso, torna-se possível realizar o transporte e descarga de balastro sobre a via. Decorridas as primeiras balastragens segue-se a entrada do grupo de ataque, realizando ataques de enchimento bem como a respetiva regularização do balastro em toda a extensão da via.

Após a realização dos ataques com a respetiva regularização de balastro procede-se à ligação das barras de carril, por meio de soldaduras aluminotérmicas, podendo ser aplicado de igual modo o processo de soldadura elétrica para a união do topo dos carris. Em paralelo com este processo também são realizadas as juntas isolantes por forma a assegurar a descontinuidade elétrica entre barras.

Concluído o processo de ligação das barras segue-se o ataque definitivo do troço a intervencionar, bem como a respetiva estabilização dinâmica da via. Estando a via à cota definida em projeto é necessário libertar a barra devido às tensões internas que a mesma possui, isto através da regularização de barras. Previamente à entrada em exploração, deve executar-se a esmerilagem preventiva dos carris e a piquetagem definitiva.

#### **5.4.2 Modernização de uma linha, incluindo a instalação de IFTE**

Neste cenário, caso já exista um troço/seção a infraestrutura e superestrutura já se encontrem executadas, estando apenas em falta a eletrificação desse mesmo troço de via férrea, apenas devem ser tratadas e objeto de programação as atividades relativas às IFTE, conforme se ilustra na Figura 5-41.

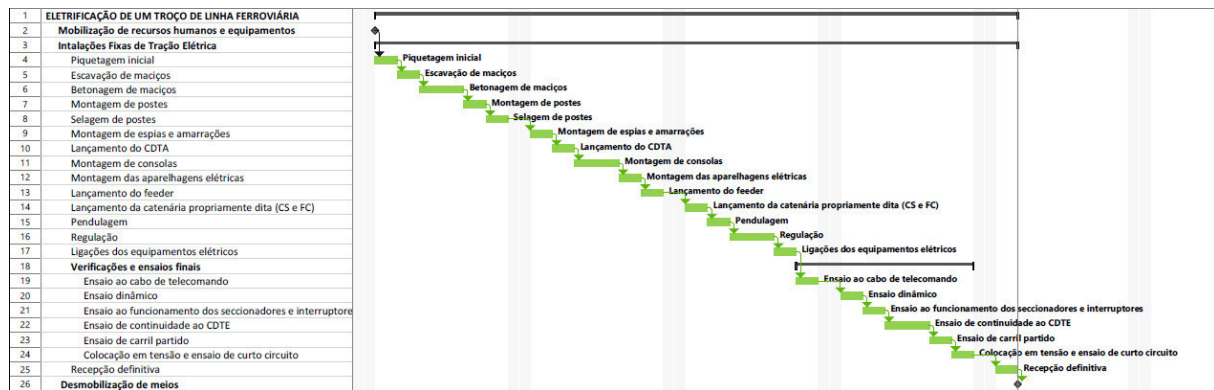


Figura 5-41 Planeamento de eletrificação de um troço de linha ferroviária

A eletrificação centra-se numa primeira fase em atividades de construção civil que visam criar fundações para a estrutura metálica que suporta a catenária propriamente dita, assim, os trabalhos iniciam-se com a piquetagem de todos os pontos notáveis, procedendo-se em seguida à escavação dos maciços. Com a conclusão da abertura das fundações segue-se a a betonagem desses mesmos elementos.

Estando os maciços betonados torna-se possível proceder à montagem dos postes de catenária, sendo estes devidamente selados. Assegurado o tempo de cura desta selagem realiza-se a montagem de espigas e amarrações aos postes, sendo em seguida realizado o lançamento do CdTA pelo lado exterior da via, e posteriormente dá-se a montagem de consolas, sendo que o lançamento do cabo ocorre antes das consolas estarem aplicadas por forma a estas não constituírem constrangimento.

Finalizada a montagem de toda a estrutura, constituída por postes, espigas, amarrações e consolas, poder-se-á proceder à montagem das aparelhagens elétricas, sendo que estas podem ser instaladas em fase posterior, nomeadamente após os lançamentos de todos os cabos.

Estando as aparelhagens instaladas realiza-se o lançamento do *feeder* pois este desenvolve-se a uma cota superior. Concluída a desbobinagem do *feeder* procede-se de imediato ao lançamento dos restantes cabos condutores de catenária, sendo eles o cabo de suporte e fio de contato. Após a catenária estar “aberta” passa a ser possível pendular e regular a mesma, sendo estas atividades sequenciais, de seguida executam-se as diversas ligações dos equipamentos elétricos.

Concluídos todos os trabalhos é necessário realizar verificações ao comportamento dinâmico e à geometria da catenária, sendo executados posteriormente os seguintes ensaios:

- Cabo de telecomando.
- Dinâmico.
- Funcionamento dos seccionadores e interruptores.
- Continuidade do CdTE.

- Carril partido.
- Colocação em tensão e ensaio de curto circuito.

Com a verificação de conformidade de todos os ensaios fica assegurada a circulação de uma tração elétrica em condição de segurança e qualidade.

### 5.4.3 Construção de uma nova linha para exploração em modo elétrico

Este cenário considera a necessidade de execução de novo canal ferroviário onde será materializada a infraestrutura e posteriormente aplicada a superestrutura, sendo que a esta via também ficará, de raiz, associada a instalação de IFTE.

Neste situação é necessário assegurar a conjugação e compatibilização correta entre as diferentes especialidades, nomeadamente Via, Construção Civil e IFTE, conforme esquematizado na Figura 5-42 (Anexo E1), sob pena de se criarem situações de conflito, aumentar os custos de execução ou ocorrer a necessidade de destruir algo que foi construído anteriormente e que constitui um entrave para a especialidade que “chega” posteriormente.

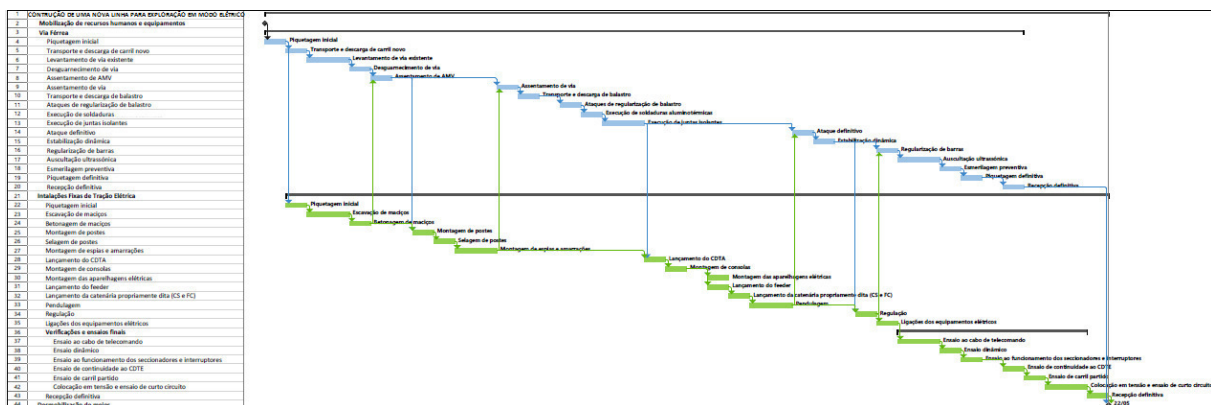


Figura 5-42 Planeamento de uma nova linha para exploração em modo elétrico

No início dos trabalhos de execução da infraestrutura deve existir uma interligação entre as equipas executantes da plataforma e a equipa topográfica alocada à via e catenária, pois aquando o desenvolvimento da plataforma numa fase final deve ser piquetada pela equipa de topografia a posição da via, bem como o posicionamento dos maciços. De salientar que inicialmente a equipa topográfica realiza o posicionamento da via e posteriormente a localização das IFTE.

Esta conjugação entre a localização dos maciços, o posicionamento da via e a plataforma ferroviária é relevante, pois aquando o progresso da plataforma fica logo assegurado o negativo por forma a serem implantados os futuros maciços.

Desta forma, quando a plataforma é desenvolvida considerando os negativos para os maciços de fundação e selando essas mesmas zonas de contato, evitando a posterior danificação da plataforma para executar a abertura dessas mesmas fundações, situação que de imediato irá

contribuir, entre outros aspetos, para a redução da capacidade drenante dessa mesma plataforma.

Desejavelmente, também ao nível das infraestruturas de caminhos de cabos, para suporte à sinalização e telecomunicações, deve ser assegurada essa compatibilização, evitando a realização de futuras “aberturas de caixa” para a sua instalação.

Estando a plataforma concluída com os maciços betonados, passa a ser possível aplicar os postes de catenária e respetivas espias e amarrações, sendo que para isso é necessário que existam acessos rodoviários, podendo esta atividade também ser realizada quando a superestrutura de via esteja funcional e recorrendo nesse caso a veículos ferroviários.

De referir ainda que previamente à colocação de postes, aplicação de espias e amarrações e assentamento de via devem ser executados os trabalhos possibilitem a ligação a um troço de via já existente, permitindo assim o acesso ferroviário à zona a intervencionar de veículos (atacadeiras, regularizadoras, comboios balastreiros, etc.) bem como de materiais (AMV, travessas, carris, etc).

Estando os postes colocados e o assentamento de via concluído, dá-se início à balastragem do troço e respetivos ataques com regularização, seguindo-se de imediato a ligação das barras de carril através da realização de soldaduras e juntas isolantes.

Posteriormente à ligação das barras passa a ser possível a circulação neste troço de via, permitindo a entrada das equipas da especialidade de catenária para proceder ao lançamento do CdTA sendo este desbobinado antes da montagem das consolas para que estas não sejam um condicionante/entave à amarração do cabo ao poste. Estando esta tarefa concluída procede-se em seguida à montagem de consolas.

As consolas podiam ter sido aplicadas aquando a existência de acesso rodoviário, no entanto a sua aplicação é favorável quando realizada com o apoio de veículos ferroviários, pois estes possibilitam uma maior assertividade no que diz respeito à regulação dos seus elementos, evitando assim um trabalho extraordinário numa fase posterior caso se adote a estratégia de as mesmas serem montadas antes do assentamento de via.

Após se proceder à desbobinagem do CdTA e montagem das consolas por meio ferroviário, inicia-se a desbobinagem dos cabos condutores da catenária. Este processo inicia-se com o lançamento do cabo de *feeder*, pois este encontra-se a uma cota superior face à catenária propriamente dita. Estando esta atividade concluída inicia-se logo de seguida a desbobinagem do CS e FC, sendo esta a tarefa “nobre” da catenária, usualmente designada por “abertura de catenária”. Estando a catenária “aberta” realiza-se a correspondente pendulagem.

Em paralelo com as atividades de desbobinagem e pendulagem pode ocorrer a montagem das diversas aparelhagens elétricas, pois esta instalação apenas depende do fato do poste se encontrar equipado com as consolas permitindo assim a otimização das equipas/equipamentos e diminuindo o prazo de execução dos trabalhos associados às IFTE.

De salientar que a desbobinagem não ocorre exclusivamente a partir da própria via a intervencionar, podendo ser realizada a partir de uma via adjacente<sup>11</sup>. Em via única, esta atividade pode ser realizada por meios mecânicos ferroviários, concretamente com recurso a um comboio de desbobinagem. No entanto caso exista alguma impossibilidade de utilização deste meio pode-se recorrer a um desbobinador fixo a um veículo rodoviário pesado, sendo esta uma solução pouco prática e desvantajosa a nível monetário.

Concluído todo o processo de desbobinagem e pendulagem, volta a dar entrada na frente dos trabalhos a equipa de via, para executar o ataque definitivo e a estabilização dinâmica da via. Estando a via à cota final realiza-se de imediato a regularização de barras. Tendo todas as soldaduras executadas é necessário verificar a sua qualidade de execução através da auscultação ultrassónica. Realizada essa verificação procede-se à esmerilagem preventiva dos carris por forma a executar a piquetagem definitiva de todos os troços.

Após a realização do ataque definitivo e estabilização dinâmica, passa a ser possível realizar a regulação de todos os elementos da catenária. Estando a catenária regulada procede-se à ligação de todos os equipamentos elétricos realizando em seguida as inerentes verificações e ensaios, concretamente:

- Cabo de telecomando.
- Dinâmico.
- Funcionamento dos seccionadores e interruptores.
- Continuidade do CdTE.
- Carril partido.
- Colocação em tensão e ensaio de curto circuito.

Após a conclusão de todos os trabalhos de via e catenária acima elencados dá-se por concluída a empreitada e torna-se assim possível a circulação de material circulante com tração elétrica.

---

<sup>11</sup> Situação aplicável apenas em situações de via dupla ou via múltipla, ou em estações de cruzamento

## 6. CONCLUSÕES

A realização do estágio na Somafel, concretamente na empreitada da “Eletrificação da Linha do Minho entre Nine e Viana do Castelo, inclusive, incluindo Estações Técnicas”, possibilitou obter uma visão mais prática e integrada da Engenharia Civil, nomeadamente da área de especialização das vias de comunicação e transportes, em especial no setor ferroviário.

Após anos de “esquecimento”, a RFN apresenta algum rejuvenescimento, em resultado dos investimentos previstos e que se espera devidamente concretizados, sob pena de o estado atual, em que se constata a existência de linhas altamente degradadas e obsoletas, ainda se agravar e o país perder em definitivo a possibilidade de aumentar a competitividade do transporte ferroviário, melhorar as ligações internacionais e promover a interoperabilidade ferroviária.

No caso particular da intervenção na Linha do Minho que visa melhorar a ligação ferroviária entre o Eixo Atlântico de Portugal e o resto da Europa, os benefícios esperados são diversos, sendo o principal a redução do tempo de trajeto dos serviços de curto e longo curso em resultado da futura utilização de material circulante de tração elétrica, eliminando assim a rotura de carga em Nine, sendo a consequência primordial desta alteração o aumento da capacidade diária para mais do triplo da atual.

Por outro lado, o aumento das condições de cruzamento de composições com comprimentos até 750m constituirá igualmente um “trunfo” para o incremento da competitividade ferroviária, o que passará a ser possível em resultado da construção neste troço das estações técnicas de Midões, Barroselas e Darque.

A questão da segurança da infraestrutura não passou despercebida, tendo a meta sido alcançada com recurso à supressão de passagens de nível e construção de desnivelamentos ao longo do troço. Já no campo da fiabilidade de exploração esta foi assegurada com a instalação de um novo sistema de sinalização e telecomunicações.

Na modernização da Linha do Minho, como em qualquer linha existem fatores associados aos diferentes “*players*”<sup>12</sup> que condicionam o sucesso ou insucesso da empreitada, nomeadamente a definição dos objetivos da intervenção, a qualidade do projeto, o prazo imposto para a execução da empreitada, a capacidade do empreiteiro, nomeadamente ao nível financeiro e técnico bem como ao nível da sua capacidade de produção<sup>13</sup> sem esquecer a fiscalização a qual deverá igualmente estar dotada dos recursos ajustados à sua função.

---

<sup>12</sup> Dono de Obra, Projetistas, Empreiteiro e Fiscalização

<sup>13</sup> Corpo Técnico, equipamentos na quantidade necessária e ajustados às tarefas a realizar sendo que estes

Para além do prazo estabelecido para a realização da empreitada, também a identificação dos serviços afetados constitui um factor que pode influenciar negativamente a mesma, sendo que se considera fundamental não só que estas infraestruturas estejam devidamente cadastradas <sup>14</sup>, como a uma maior compatibilização entre especialidades envolvendo igualmente todos os referidos “*players*”.

Por outro lado, o projeto de expropriações e o processo expropriativo deve ser desenvolvido anteriormente à fase de execução, por forma a não impactar com os trabalhos e por conseguinte com o prazo da empreitada. Devendo de igual modo ser estudada uma hipótese para que as ocupações temporárias aquando a realização da obra também sejam incluídas neste capítulo.

Em fase de execução torna-se extremamente importante a constituição de uma entidade executante coesa e capaz, a qual deve realizar um planeamento das atividades devidamente detalhado e sequencial, envolvendo todas as subactividades, situação que nem sempre é possível concretizar plenamente, nomeadamente em resultado de alterações de pressupostos e soluções de projeto.

Os aspetos inerentes à logística nomeadamente a nível de espaço para estacionamento de equipamentos foi assegurado através do guarnecimento das estações existentes ao longo do troço Nine/Viana do Castelo, possibilitando assim que todos os meios ferroviários, mesmo os mais condicionantes a nível de extensão (comboio balastreiro e o grupo de ataque) parcassem nas linhas desviadas das estações, respeitando escrupulosamente o período de interdição.

Também as acessibilidades à obra foram uma condição que influenciou a obra, pois o facto da linha se encontrar tanto em meio urbano como em zonas de relevo sinuoso, dificultou o acesso por parte das equipas à frente dos trabalhos, tendo obrigado ao estudo e implementação de soluções alternativas.

Tendo em vista a apresentação de propostas para estudos posteriores, refere-se o seguinte:

- O crescimento económico português verificado no início do segundo milénio permitiu a todas as organizações catapultarem-se a nível de investimento. No entanto com a crise financeira global de 2007-2008, muitas das organizações laborantes na área da

---

devem estar devidamente certificados e homologados, sem esquecer a existência de equipas técnicas e pessoal especializado em número suficiente e devidamente formado e habilitado para a realização das tarefas em causa.

<sup>14</sup> E atualizadas em recurso de alterações efetuadas ao longo do tempo, nomeadamente no tempo que decorrem entre o início do projeto e o início da empreitada.

---

engenharia ferroviária viram-se obrigadas a despedimentos em massa e a desmobilizar os seus equipamentos para o estrangeiro.

Neste momento as empresas laborantes na área passam por dificuldades, em particular nas vertentes específicas de via e catenária, onde neste momento existe um elevado défice de recursos humanos e técnicos.

- Atualmente, e tendo como perspetiva os novos investimentos na ferrovia torna-se relevante as empresas especialistas estarem ligadas através de relações empresariais, promovendo assim dinâmicas de cooperação entre si por forma a alcançar sinergias, meta que dificilmente será alcançada pelas empresas caso continuem a trabalhar isoladas dos seus parceiros e concorrentes, esta cooperação é designada em termos económicos por *cluster*.
- Desta forma as organizações devem apostar mais no seu *know-how*, devendo investir na procura e formação de mão de obra especializada, por forma a que os seus técnicos se encontrem aptos para trabalhar na área dos caminhos de ferro, estando devidamente qualificados e certificados, evitando assim a dependência de empresas estrangeiras.
- Ao estar inserido neste nicho de mercado e tendo desenvolvido o caso de estudo que pretende evidenciar a necessidade de compatibilização entre as áreas de via e instalações fixas de tração elétrica, torna-se evidente a necessidade de construir um verdadeiro léxico ferroviário e ainda um conjunto de procedimentos de trabalho.
- A carência dos dois elementos anteriormente enunciados é latente, no entanto é de extrema relevância a sua execução, pois deve existir um léxico ferroviário único e procedimentos operacionais *standard* para todas as entidades envolvidas no terreno, executante, fiscalizadora e dono de obra.
- Assim, entende-se como desejável a elaboração de um documento orientador, à semelhança do código dos contratos públicos ou do código da estrada, que contemple procedimentos *standard*, que obviamente possam ser devidamente ajustados às condições locais aquando o decurso das atividades de via férrea e catenária, e tendo associado um léxico ferroviário ímpar, único e compreensível.



---

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LIMA, António Pires de; MONTEIRO, Sérgio Silva – "Plano Estratégico dos Transportes e Infraestruturas". Crescimento, Competitividade e Coesão. Lisboa: Ministério da Economia, 2014, p.59-83, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://www.portugal.gov.pt/media/1385664/PETI3.pdf>.
- [2] LARANJO, António – "Eletrificação da Linha do Minho entre Nine e Valença - Eixo Atlântico. Infraestruturas de Portugal, Conference, Viana do Castelo. Viana do Castelo: Estação Ferroviária, 2016, [Consultado em Abril de 2018] Disponível em [https://www.eixoatlantico.es/eurorregion/577\\_43add62b1d426ae217380253a.pdf](https://www.eixoatlantico.es/eurorregion/577_43add62b1d426ae217380253a.pdf).
- [3] Decreto-Lei n.º 111-B/2017 de 31 de Agosto de 2017 do Ministério do Planeamento e das Infraestruturas – "Código dos Contratos Públicos" Diário da República n.º 168/2017, 2º Suplemento, Série I de 2017-08-31, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://dre.pt/>.
- [4] Instrução de Exploração Técnica n.º 77 – Normas e Procedimentos de Segurança em trabalhos na Infra-estrutura Ferroviária, 15 de junho de 2009, Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, IP (IMTT), [Consultado em Maio de 2018].
- [5] FONSECA, Rui; MATOS, Rui, SOUSA, Miguel – "Análise de Via - Parâmetros Geométricos", SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A., Porto, 2012.
- [6] FARIA, João Amorim; SOUSA, Miguel Ângelo Reis – "Direcção de Obra - Síntese dos Principais Conceitos", SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A., Porto, 2014.
- [7] FRANÇA, Madalena – "História da SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.", História da Empresa, 2012, [Consultado em Março de 2018], Disponível em <http://www.somafel.pt/index.php?id=65>.
- [8] DIAS, Carlos Marques – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", in Memória Descritiva Global, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [9] GONÇALVES, Cátia; ALVES, Ricardo – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa - Via, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [10] PENA, Isabel; PEDROSA, Mário; CRUZ, Sónia – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Terraplenagem, Drenagem e Estabilização de Taludes, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
-

- 
- [11] TEIXEIRA, Pedro; SANTOS, Marco; CHAMBEL, Carlos – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Instalações Fixas de Tração Elétrica, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [12] HENRIQUES, Pedro; ANTÓNIO José; BARROS, Helga – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Sinalização e Caminho de Cabos, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [13] FERREIRA, Sandra; PISTONE, Raul – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Reabilitação de Túneis, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [14] RIBEIRO, Joana; BENTO, Jorge; FERREIRA, Sandra – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Estruturas de Contenção, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [15] BETTENCOURT, Pedro; SANTOS, Marco – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteção, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [16] POSSOLO, Rafaela; LOPES, Carlos – "Eletrificação e Reabilitação do troço Nine/Viana do Castelo da Linha do Minho", Memória Descritiva e Justificativa – Alteamento de Plataformas e Acessibilidades, Infraestruturas de Portugal Engenharia, Lisboa, 2016.
- [17] FONSECA, Rui; MATOS, Rui, SOUSA, Miguel – "Métodos construtivos para trabalhos de via férrea e catenária propriamente dita", SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A., Porto, 2006.
- [18] MIRANTA, Vitor; GONÇALVES, Nuno – "Procedimento operacional do equipamento da SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A.", SOMAFEL - Engenharia e Obras Ferroviárias, S.A., Porto, 2012.
- [19] PEREIRA, Rui de Carvalho Costa Pereira – "Análise ao Sistema de Alimentação de Tração Elétrica ( 1x25 kV - Rede convencional , 2x25 kV - Rede convencional + Alta velocidade)", Trabalho Final de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013
- [20] FERREIRA, João Nuno Andrade de Campos – "Intervenção de construção, renovação e manutenção na via-férrea", Trabalho Final de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
-

- 
- [21] QUIRINO, Ricardo Jorge Valente – “Obras de renovação de via férrea e maquinaria pesada utilizada”, Trabalho Final de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [22] CERQUEIRA, Belmiro João da Silva – “Modernização da Linha da Beira Baixa”, Trabalho Final de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013.
- [23] SILVA, Filipe Amourous Aguiar – “Optimização de recursos na construção de linhas de caminho de ferro”, Trabalho Final de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [24] CORDERO, Pablo Matín – “Engenharia Ferroviário – Traçado e Materiais de Via”, Trabalho Final de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016.
- [25] CRUZ, António Sequeira da – “Caminhos de Ferro”. Unidade Curricular: Caminhos de Ferro. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2016.
- [26] MARTINS, Armando do Carmo – “Constituição e Traçado dos Caminhos de Ferro”. Unidade Curricular: Vias de Comunicação II. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015.
- [27] ROCIO, Rosário; VIANA, António – “2020 Diretório da Rede”, A Infraestrutura Ferroviária, Infraestruturas de Portugal, Lisboa, 2018.
- [28] EN 15273-3: Railway applications - Gauges - Part 3: Structure gauges, [Consultado em Maio de 2018].
- [29] EN 13803: *Railway applications - Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1435 mm and wider*, [Consultado em Maio de 2018].
- [30] Instrução Técnica de Via n.º 15 – Conservação Metódica de Via, Correção de Traçado e Piquetagem das Curvas, Departamento de Instalações Fixas – Serviço de Via, [Consultado em Agosto de 2018].
- [31] Especificação Técnica de Interoperabilidade para o Subsistema Infraestrutura, dada através do regulamento EU n.º 1299/2014 de 18 de novembro de 2014, [Consultado em Maio 2018].
- [32] Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de Agosto de 2006 do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. Diário da República n.º 152/2006, Série I de 2006-08-08, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://dre.pt/>.
-

- 
- [33] Regulamento (UE) n.º 1300/2014 de 18 de Novembro de 2014 da Comissão Europeia”, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R1300>
- [34] Regulamento Geral de Segurança – XII, Vias Interditas à Circulação, 01 de Setembro de 2002, Instituto Nacional do Transporte Ferroviário (IMTF), [Consultado em Maio de 2018]
- [35] Lei n.º 31/2009, de 03 de Julho, Qualificação Profissional dos Responsáveis por Projectos e pela Fiscalização e Direcção de Obra, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em [http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=1207&tabela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1207&tabela=leis)
- [36] Portaria n.º 1379/2009 de 30 de Outubro de 2009, Qualificações específicas profissionais mínimas exigíveis aos técnicos responsáveis pela elaboração de projectos, pela direcção de obras e pela fiscalização de obras, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://dre.pt/pesquisa/-/search/483414/details/maximized>
- [37] Lei n.º 102/2009 de 10 de Setembro de 2009, Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, [Consultado em Maio de 2018] Disponível em <https://dre.pt/pesquisa/-/search/490009/details/maximized>

## **ANEXOS**

Encontram-se incluídos no TFM diversos anexos, os quais contituem uma mais valia para a análise do presente documento. Genericamente o conteúdo dos mesmos passa por extratos de projeto que estão relacionados com as características de algumas atividades específicas das especialidades de via férrea, catenária e construção civil. Desta forma, foi realizada a seguinte divisão entre os mesmos:

### **A. ESBOÇO COROGRÁFICO**

### **B. VIA FÉRREA**

- B1. Rebaixamento em Viana do Castelo
- B2. Estação Técnica de Midões
- B3. Estação Técnica de Barroelas
- B4. Estação Técnica de Darque
- B5. Regularização de traçado em Durrães
- B6. Regularização de traçado em Alvarães

### **C. INTALAÇÕES FIXAS DE TRAÇÃO ELÉTRICA**

- C1. Esquema elétrico
- C2. Postes de catenária especiais para viadutos
- C3. Maciço especial de catenária
- C4. Consola especial para catenária

### **D. CONSTRUÇÃO CIVIL**

- D1. Terraplenagem
- D2. Drenagem
- D3. Estabilização de Taludes
- D4. Estruturas de Contenção
- D5. Reabilitação de Túneis
- D6. Alteamento das Plataformas de Passageiros e Acessibilidades

### **E. CASO DE ESTUDO**