



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



Optimização de Recursos na Construção de Linhas de Caminhos de Ferro

FILIPE AMOUROUS AGUIAR SILVA
Bacharel em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Área de Especialização em Civil

Orientadores:

Eng.º Armando Martins - Equiparado a Prof. Adjunto (ISEL)

Eng.º Francisco Asseiceiro - Director do Gabinete de Estudos e Projectos (Ferrovias e Construções, S.A).

Júri:

Presidente:

Eng.ª Luísa Maria Ferreira Cardoso Teles Fortes - Prof. Adjunto (ISEL)

Vogais:

Eng.º António Artur Sequeira da Cruz – Equiparado a Assistente 2ºT (ISEL)

Eng.º Armando Martins - Equiparado a Prof. Adjunto (ISEL)

Eng.º Francisco Asseiceiro - Director do Gabinete de Estudos e Projectos (Ferrovias e Construções, S.A).

Janeiro de 2012



RESUMO

Os Caminhos de Ferro representam um conjunto de abordagens quase ilimitadas, nestes termos, o tema proposto – “*A optimização de recursos na construção de linhas de Caminhos de Ferro*”, incidirá particularmente sobre a optimização dos recursos: i) materiais; ii) mão-de-obra; iii) equipamentos, afectos à construção da via e da catenária.

O presente estudo pretende traçar um encadeamento lógico e intuitivo que permita manter um fio condutor ao longo do todo o seu desenvolvimento, razão pela qual, a sequência dos objectivos apresentados constitui um caminho que permitirá abrir sucessivas janelas de conhecimento.

O conhecimento da via e da catenária, a compreensão da forma como os trabalhos interagem com os factores externos e a experiência na utilização das ferramentas de planeamento e gestão, são qualidades que conduzem certamente a bons resultados quando nos referimos à necessidade de otimizar os recursos na construção da via e da catenária.

A transmissão e reciprocidade da informação, entre as fases de elaboração de propostas e de execução da obra, representam um recurso que pode conduzir a ganhos de produtividade. A coordenação é outro factor determinante na concretização dos objectivos de optimização dos recursos, que se efectua, quer internamente, quer exteriormente.

A optimização de recursos na construção da via e da catenária representa o desafio permanente das empresas de construção do sector ferroviário. É neste pressuposto que investem na formação e especialização da sua mão-de-obra e na renovação tecnológica dos seus equipamentos.

A optimização dos materiais requer aproximações distintas para o caso da via e para o caso da catenária, assim como, os equipamentos e a mão-de-obra não podem ser desligados, pois não funcionam autonomamente, no entanto a respectiva optimização obedece a pressupostos diferentes.

Palavras-chave: Caminhos-de-ferro, via-férrea, catenária, optimização, materiais, equipamentos, mão-de-obra, planeamento.



ABSTRACT

When speaking of railways we mean a variety of nearly unlimited approaches and therefore the issue now being presented “The optimisation of resources in railway building”, will mainly focus on the optimization of materials, labour and equipment assigned to track laying and erection of overhead lines.

The purpose of this document is to set logic and intuitive chaining making it possible to abide by a story line all along its development stages and that is why the sequence of goals becomes a path to opening a series of windows on knowledge.

Track and overhead line equipment knowledge and understanding how work interact with outside factors coupled with experience in using planning and management tools are assets leading unquestionably to good achievements. Indeed, that is what is meant by the need to optimize resources in railway building and overhead line erection.

Transmitting and sharing knowledge from bidding to execution of work is also a way to achieve productivity gains. Likewise, coordination is determining when it comes to optimise recourses, either in-house, or outside the company.

Optimising resources in railway building and overhead line erection is a permanent challenge railway contractors are faced with and this is why investing in staff training and upskilling and in state-of-the-art technology becomes a top priority.

As for materials, optimisation requires distinct approaches for track and overhead line erection. Likewise, equipment and labour cannot go uncoupled, for they do not work on their own. Yet, optimisation conforms to different criteria.

Keywords: Railways, track, overhead lines, optimisation, materials, equipment, labour, planning.



AGRADECIMENTOS

O tema proposto pelo Eng.º Armando Martins corresponde à possibilidade de desenvolver um trabalho no domínio ferroviário, matéria que concilia a concretização dos meus objectivos académicos com a minha actividade profissional.

Agradeço o apoio dos meus Orientadores, pelos comentários formulados que se revelaram sempre assertivos e se revestiram de grande estímulo, na concretização deste objectivo.

Na Ferrovias e Construções, adquiri e consolidei conhecimentos que tornaram este estudo um desafio de autoavaliação. Muito obrigado pela disponibilização dos meios que me permitiram realizar este trabalho.

Como Marido e Pai sacrifiquei a minha família na concretização deste objectivo e em troca, recebi alento, força e coragem.

Natacha, Martim e Catarina, obrigado.



ÍNDICE DO TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	1
1.2. OBJECTIVOS	2
1.3. METODOLOGIA.....	2
1.4. ESTRUTURA.....	3
2. A VIA E A CATENÁRIA	5
2.1. A VIA.....	9
2.1.1. VIA BALASTRADA	10
2.1.2. VIA NÃO BALASTRADA (EM PLACA).....	16
2.2. A CATENÁRIA	19
3. OS TRABALHOS E OS SEUS RECURSOS	23
3.1. A VIA.....	25
3.1.1. VIA BALASTRADA	27
3.1.2. VIA NÃO BALASTRADA (EM PLACA).....	35
3.2. A CATENÁRIA	39
4. PLANEAMENTO E PREPARAÇÃO DO TRABALHO	49
4.1. ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS	49
4.1.1. ANÁLISE DOS ELEMENTOS DE CONCURSO	51
4.1.2. ESCLARECIMENTOS E PROCESSO DE ERROS E OMISSÕES	56
4.1.3. PLANO DE TRABALHOS.....	57
4.2. EXECUÇÃO DA OBRA.....	62
5. OPTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NA CONSTRUÇÃO DE VIA E DE CATENÁRIA	65
5.1. MATERIAIS	66
5.1.1. APROVISIONAMENTO E LOGÍSTICA.....	67
5.1.2. PRÉ-MONTAGENS	74
5.2. EQUIPAMENTOS.....	75
5.3. RECURSOS HUMANOS.....	76
6. CONCLUSÕES	79
LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXO A – EQUIPAS TIPO E RENDIMENTOS	87
ANEXO B – FIGURAS EM FORMATO A3	91



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 - CONSTITUIÇÃO DA VIA-FÉRREA [31]	5
FIGURA 2-2 – PANTÓGRAFO DE MEDIÇÃO [35]	6
FIGURA 2-3 – MATERIALIZAÇÃO DO PERFIL TRANSVERSAL TIPO EM OBRA [35]	7
FIGURA 2-4 - PRINCÍPIO DA TRANSFERÊNCIA DE CARGA NA VIA BALASTRADA [29]	9
FIGURA 2-5 - VIA EM CARRIL EMBEBIDO NO METRO DO PORTO [35]	10
FIGURA 2-6 - VIA BALASTRADA [35]	10
FIGURA 2-7 - TRAVESSAS DE MADEIRA E DE BETÃO [29].....	11
FIGURA 2-8 - SISTEMAS DE FIXAÇÃO EM TRAVESSAS DE MADEIRA E DE BETÃO [29]	12
FIGURA 2-9 - PERFIL DO CARRIL 60 E1 [16]	12
FIGURA 2-10 - ESTRUTURA DE APARELHO DE MUDANÇA DE VIA [29].....	13
FIGURA 2-11 - ATRAVESSAMENTO OBLIQUO [29]	13
FIGURA 2-12 - FOTOGRAFIA E ESQUEMA DA TJS [29]	14
FIGURA 2-13 - FOTOGRAFIA E ESQUEMA DE TJD [29]	14
FIGURA 2-14 - "S" DE LIGAÇÃO [12]	15
FIGURA 2-15 – VIA EMBEBIDA EM PASSAGEM DE NÍVEL [30].....	16
FIGURA 2-16 - TIPOS DE LAJE FLUTUANTE [3]	17
FIGURA 2-17 – VIA SOBRE LAJE ASFÁLTICA [30]	17
FIGURA 2-18 - VIA SOBRE LONGARINAS [6]	18
FIGURA 2-19 - VIA SOBRE BLOCOS [6].....	18
FIGURA 2-20 - SISTEMA DE CATENÁRIA [11]	20
FIGURA 3-1 - REGRAS DE SEGURANÇA DOS TRABALHOS – ZONAS DE SEGURANÇA [22]	23
FIGURA 3-2 - TRAMO DE VIA LEVANTADO [35]	25
FIGURA 3-3 - DESGUARNECIMENTO MECÂNICO PESADO [35]	26
FIGURA 3-4 - VIA EM OSSO [35]	27
FIGURA 3-5 - DESCARGA DA 1ª CAMADA DE BALASTRO [35].....	28
FIGURA 3-6 - DISTRIBUIÇÃO DE TRAVESSAS [35]	29
FIGURA 3-7 - ASSENTAMENTO DE CARRIS [35].....	29
FIGURA 3-8 - APERTO DAS FIXAÇÕES [35]	30
FIGURA 3-9 - TRANSPORTE E DESCARGA DE BALASTRO [35]	30
FIGURA 3-10 - ATAQUE PESADO [35]	31
FIGURA 3-11 – REGULARIZAÇÃO DO PERFIL DA BANQUETA [35].....	31
FIGURA 3-12 - EXECUÇÃO DE UMA SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA [32]	32
FIGURA 3-13 - SISTEMA RHEDA 2000 [6]	36
FIGURA 3-14 - SISTEMA EDILON EDF [6]	36
FIGURA 3-15 - SISTEMA CDM Q-TRACK [5]	36
FIGURA 3-16 - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DA VIA COM CARRIL EMBEBIDO [6]	37
FIGURA 3-17 - ESQUEMA DE EXECUÇÃO DO SISTEMA AFTRAV [10].....	38
FIGURA 3-18 - APLICAÇÃO DE FIXAÇÃO EDF SOBRE A LAJE OU LONGARINA [6]	38
FIGURA 3-19 - IMPLANTAÇÃO DE MACIÇOS [26]	40
FIGURA 3-20 – CAROTES [26]	40
FIGURA 3-21 - MONTAGEM DO POSTE [35]	41
FIGURA 3-22 - MONTAGEM DE CONSOLA [35].....	42
FIGURA 3-23 - PÓRTICO FLEXÍVEL PARA 4 VIAS [34].....	43
FIGURA 3-24 - PÓRTICO RÍGIDO [35]	43
FIGURA 3-25 - VÃO DE CATENÁRIA.....	45
FIGURA 3-26 - MONTAGEM DE SECCIONADORES [35]	46
FIGURA 3-27 - VERIFICAÇÃO DO DESALINHAMENTO [35]	47
FIGURA 4-1 - VUP NA LINHA DO NORTE [35]	58



FIGURA 5-1 - COMBOIO COM PÓRTICOS - DESCARGA LATERAL DE CARRIL [35]	68
FIGURA 5-2 - COMBOIO CARRILEIRO - DESCARGA LONGITUDINAL DO CARRIL [35]	68
FIGURA 5-3 - AÉREA DE ARMAZENAMENTO [35]	69
FIGURA 5-4 – DEPÓSITO DE BALASTRO E COMBOIO DE BALASTRO [35]	70
FIGURA 5-5 - RIPAGEM DE APARELHO COM PÓRTICOS DE AMV [35]	72
FIGURA 0-1 - ESQUEMA ELÉCTRICO DA ESTAÇÃO DO PINHEIRO [33]	92
FIGURA 0-2 - PERFIL TRANSVERSAL TIPO DE VIA DUPLA EM CURVA [25]	93
FIGURA 0-3 - FASEAMENTO CONSTRUTIVO DA ESTAÇÃO DE RIACHOS [32].....	94
FIGURA 0-4 – DIAGRAMA ESPAÇO-TEMPO [32]	95



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMV	—	Aparelho de Mudança de Via
ATO	—	Atravessamento Transversal Oblíquo
ATR	—	Atravessamento Transversal Rectangular
BLS	—	Barra Longa Soldada
CA	—	Corrente Alternada (50Hz)
CC	—	Corrente Continua
CCP	—	Código dos Contratos Públicos
C.E.	—	Caderno de Encargos
CP	—	Comboios de Portugal
CS	—	Cabo de Suporte
D.O.	—	Dono da Obra
EBS	—	Edilon Block System
EDF	—	Edilon Direct Fastening
EIA	—	Estudo de Impacto Ambiental
ERA	—	Agência Ferroviária Europeia
ERS	—	Edilon Rail System
ETI	—	Especificação Técnica de Interoperabilidade
FC	—	Fio de Contacto
IMTT	—	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
MQT	—	Mapa de Quantidades de Trabalho
RAMS	—	Reliability, Availability, Maintainability and Safety (Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança)
REFER	—	Gestor da Rede Ferroviária Nacional
PT	—	Plano de Trabalhos
PE	—	Projecto de Execução
TI	—	Transversal Inferior
TJS	—	Transversal de Junção Simples
TJD	—	Transversal de Junção Simples
TS	—	Transversal Superior
VUP	—	Via Única Permanente



1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

Os Caminhos de Ferro representam um conjunto de abordagens quase ilimitadas, no qual o tema da construção e da sua optimização de recursos introduz alguns limites (filtros):

- A construção de Caminhos de Ferro abarca especialidades tão distintas como, as estações e interfaces, as obras de arte correntes e especiais, a via-férrea, a sinalização, as telecomunicações, as instalações fixas de tracção eléctrica, os sistemas de energia de tracção, os serviços afectados (redes de gás, energia, água, esgotos e telecomunicações), entre outros.
- A optimização dos respectivos recursos resulta da análise às diferentes condições de execução dos trabalhos, tais como:
 - O tipo do projecto (linhas novas, linhas renovadas, estações, ramais, parques de material circulante e oficinas, interfaces logísticos, etc.);
 - O sistema de transporte (rede convencional, rede de alta velocidade, rede de metro, rede de metro ligeiro, etc.);
 - O modelo de gestão seja este da infraestrutura ou de operação;
 - A fase de concepção, da fase de construção ou da fase de exploração.

Justifica-se deste modo a necessidade de especificar o tema deste trabalho quanto às especialidades e às fases de intervenção:

- Especialidades

Considerando que, as especialidades acima referidas constituem o conjunto das actividades de construção de uma linha de caminho de ferro, o presente trabalho propõe tratar com detalhe o subconjunto composto pelas especialidades de Superestrutura de Via-Férrea e das Instalações Fixas de Tracção Eléctrica, vulgarmente designadas por Via e Catenária, respectivamente.

Outras especialidades poderão ser genericamente referidas, sempre que existam interfaces com as actividades acima referidas e que incluem este estudo.



- Fases de Intervenção

Considerando que o desenvolvimento de um projecto de construção de um Caminho de Ferro, assume uma dimensão temporal, que se inicia com o problema da necessidade de transporte, passando pelas fases de estudo e decisão sobre o investimento, fase de concepção, fase de construção, testes e ensaios, culminando na fase de exploração, o presente trabalho propõe tratar especificamente a fase respeitante à construção, quer se tratem de linhas novas, quer se tratem de renovações de linhas existentes.

Nestes termos, o tema proposto – “*A optimização de recursos na construção de linhas de Caminhos de Ferro*”, incidirá particularmente sobre a optimização dos recursos: i) materiais; ii) mão-de-obra; iii) equipamentos, afectos à construção da via e da catenária.

1.2. Objectivos

O presente trabalho tem implícitos os seguintes objectivos:

Aprofundar o conhecimento sobre as duas especialidades em estudo.

- Entender os respectivos trabalhos e identificar os seus recursos.
- Compreender o que distingue e une estas actividades e o modo como interagem.
- Conhecer os processos de planeamento, alocação de recursos e aprovisionamento de materiais.

E em conclusão, poder distinguir os aspectos relevantes que conduzem à optimização dos recursos afectos à construção da via e da catenária.

1.3. Metodologia

O presente trabalho pretende traçar um encadeamento lógico e intuitivo que permita manter um fio condutor ao longo do todo o seu desenvolvimento, razão pela qual, a sequência dos objectivos apresentados constitui um caminho que permitirá abrir sucessivas janelas de conhecimento.



O primeiro objectivo pretende clarificar o que é a via, distinguindo a via balastrada da via em placa, bem como dar a conhecer a catenária, nos aspectos que evidenciem afinidades com a engenharia civil.

Pretende também detalhar os trabalhos de construção e renovação de infraestruturas ferroviárias, abordando os recursos afectos à sua realização.

No segundo objectivo pretende-se demonstrar os aspectos comuns às duas especialidades o modo como se influenciam reciprocamente.

O terceiro objectivo incidirá sobre a preparação dos trabalhos de construção, como suporte essencial ao planeamento, que por sua vez constitui a chave para a optimização dos recursos.

O último objectivo suporta-se nos conhecimentos adquiridos com a concretização dos objectivos anteriores para estabelecer considerações relevantes sobre os aspectos que, no planeamento, na alocação de recursos, na logística e no aprovisionamento de materiais, devem ser observados para se atingir a desejada optimização do processo construtivo.

1.4. Estrutura

Tendo por referência, a estrutura definida no regulamento da Comissão Coordenadora de Mestrado da Área Departamental de Civil, a presente dissertação consiste em seis capítulos.

O Capítulo 1 inclui o enquadramento do tema, os objectivos, bem como a metodologia deste trabalho final de mestrado.

No Capítulo 2, desenvolve-se o conhecimento da via e a catenária em vários níveis. Globalmente, na medida em ambas interagem com outras especialidades e entre si. Isoladamente, distinguindo a via balastrada da via em placa, no caso da via.

No Capítulo 3, são desenvolvidas as matérias referentes aos trabalhos e aos recursos necessários à realização dos trabalhos de construção de via (balastrada e em placa) e de catenária. São igualmente analisadas as diferenças existentes entre estas duas especialidades, bem como os pontos comuns.



No Capítulo 4, aborda-se a matéria da preparação e planeamento dos trabalhos, com incidência sobre o trabalho desenvolvido durante a elaboração de propostas e a sua interacção com fase de execução em obra.

No capítulo 5, desenvolve-se uma análise aprofundada dos materiais, dos equipamentos e da mão-de-obra, na lógica da optimização dos processos de construção da via e a catenária.

O Capítulo 6 contém as conclusões do presente trabalho.



2. A VIA E A CATENÁRIA

É comum designar de Via-Férrea ao conjunto de elementos que serve de suporte e encaminhamento dos comboios, da qual distinguimos duas partes fundamentais: A Infraestrutura e a Superestrutura (Figura 2-1).

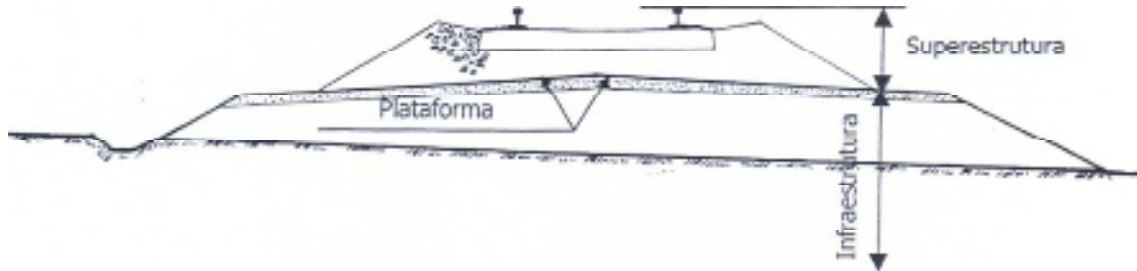


Figura 2-1 - Constituição da via-férrea [31]

A Superestrutura de Via (Via) é formada, no caso de vias balastradas, pelos carris, travessas, balastro, material de ligação e fixação. A execução das plataformas, obras de arte, aterros, trincheiras e drenagens estão associadas às Infraestruturas de Via.

Esta divisão deve-se essencialmente à diferenciação de equipamentos utilizados nas actividades da via, que incorporam grande tecnologia e determinam por esta via a especialização da sua mão-de-obra.

As especificidades dos seus materiais, dos seus projectos e a sua manutenção, são outros factores que justificam a existência desta indústria, que se mantém forte desde o início dos Caminhos de Ferro.

O projecto para construção de uma linha de Caminho de Ferro inclui geralmente as seguintes especialidades:

- Via (Traçado e Superestrutura de Via);
- Terraplenagens e Drenagens (infraestruturas de Via);
- Instalações Fixas de Tracção Eléctricas (Catenária);
- Sistema de Energia de Tracção (Subestações e Postos de Catenária);
- Sinalização e Telecomunicações;
- Retorno da Corrente de Tracção e Sistema de Terras;
- Obras de Arte (Comuns e Especiais);
- Restabelecimentos e Caminhos Paralelos



- Estações e Apeadeiros e respectivas Plataformas de Passageiros (inclui todos os interfaces com os restantes meios de transporte, bem como com o tecido urbano em que se inserem);
- Serviços Afectados;
- Estudo de Impacto Ambiental (EIA);
- Vedações;

Sendo o Caminho de Ferro, um sistema linear de guiamento sobre carris, o traçado assume desta forma a liderança na coordenação de qualquer projecto ferroviário, embora, tal como em outras vias de comunicação (Estradas), as componentes de Sinalização e Telecomunicações estejam em vias de alterar esta posição de liderança, tal é o peso tecnológico que recai sobre estas.

O projecto de catenária deve ser articulado com o projecto de via, nos seguintes aspectos:

- O traçado em planta determina a distribuição (vãos de catenária) e implantação (distância ao carril mais próximo), dos postes de catenária, bem como os desalinhamentos entre o eixo da via e o fio de contacto.

Este é um aspecto essencial na medida em que o fio de contacto zigzagueia sobre a via, de forma a garantir um desgaste uniforme na paleta do pantógrafo (Figura 2-2).



Figura 2-2 – Pantógrafo de medição [35]



- Nas estações, a implantação dos aparelhos de mudança de via condiciona igualmente a localização dos postes destinados a assegurar o cruzamento das catenárias, bem como, a localização dos isolamentos necessários entre as diferentes secções existentes num esquema eléctrico (Figura 0-1 - Anexo B).
- O perfil longitudinal da via pode igualmente condicionar a catenária relativamente à altura livre do fio de contacto acima do plano de rolamento, nomeadamente sob obras de arte e túneis. A Figura 0-2 (Anexo B) e a Figura 2-3 ilustram diferentes especialidades, numa determinada secção da linha, o que normalmente é denominado por Perfil Transversal Tipo.



Figura 2-3 – Materialização do perfil transversal tipo em obra [35]

A via e a catenária são curiosamente as únicas especialidades em que se verifica o contacto físico com o Comboio. O contacto Roda/Carril estabelece o interface entre o veículo e a via e o contacto Patim/Fio estabelece, por sua vez, o contacto entre o pantógrafo (veículo) e a catenária.

Estes são, no âmbito da legislação europeia e no quadro das redes transeuropeias de linhas de caminho de ferro (rede convencional e de alta velocidade), matéria da interoperabilidade (Directiva 2008/57/CE de 17 de Junho de 2008).

Para efeitos do disposto na referida directiva [13], o sistema que constitui o sistema ferroviário subdivide-se nos seguintes subsistemas, que correspondem:



- Quer a domínios de carácter estrutural:
 - Infraestrutura;
 - Energia;
 - Controlo-comando e sinalização;
 - Material circulante.

- Quer a domínios de carácter funcional:
 - Exploração e gestão do tráfego;
 - Manutenção;
 - Instrumentos telemáticos ao serviço dos passageiros e do transporte de mercadorias.

Cada um destes subsistemas está regulamentado por uma Especificação Técnica de Interoperabilidade (ETI). A Agência Ferroviária Europeia (ERA), foi mandatada pela Comissão Europeia para desenvolver especificações técnicas de interoperabilidade para o sistema da rede de alta velocidade e para o sistema da rede convencional. Em alguns casos e dependendo da sua abrangência, uma mesma ETI pode ser aplicada, quer à rede convencional, quer à rede de alta velocidade.

Existem igualmente especificações referentes aos requisitos específicos que são transversais a todos os subsistemas, tais como: Segurança; Fiabilidade e Disponibilidade (RAMS); Saúde; Protecção do Ambiente e Compatibilidade Técnica.

As ETI (alta velocidade e rede convencional) para os subsistemas Infraestrutura e Energia definem o conjunto dos requisitos para estes subsistemas e seus respectivos componentes de interoperabilidade. Incluem igualmente, os modelos de verificação necessários à obtenção dos certificados de interoperabilidade.

Trata-se da autorização necessária para que, a via e a catenária possam ser utilizadas por comboios igualmente certificados e autorizados de toda a união europeia.



2.1. A Via

Existem dois tipos de via, que se distinguem essencialmente pela utilização de balastro (via balastrada) ou betão (via não balastrada), como material de suporte e encastramento. É usual denominar também as vias não balastradas de via em placa, tendo presente a função estrutural das bases de assentamento.

De referir que, o balastro e o betão têm uma dupla função de suporte e degradação de cargas, bem como, de encastramento para manter assegurado o alinhamento desejado (Figura 2-4).

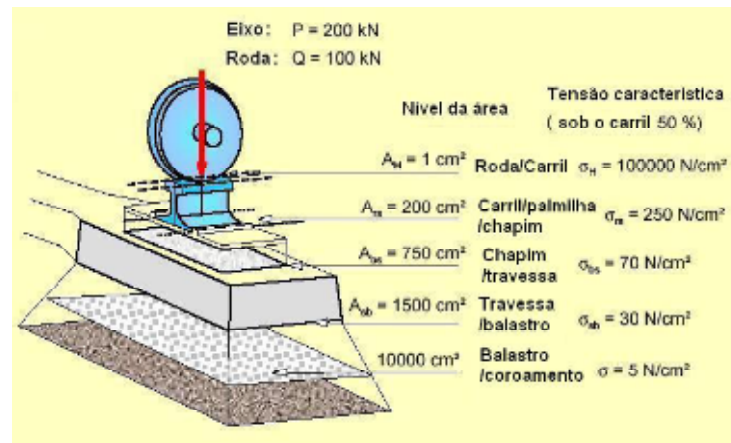


Figura 2-4 - Princípio da transferência de carga na via balastrada [29]

A evolução geográfica dos Caminhos de Ferro tem sido a grande impulsionadora do crescimento tecnológico e o aparecimento de distintos processos de construção de vias sobre carris é disso uma prova incontornável.

A par de uma indústria extremamente competitiva, onde a incorporação dos materiais é determinante, são as condições locais que têm determinado a escolha das várias soluções existentes.

A título de exemplo (Figura 2-5), a escolha por vias não balastradas em transportes urbanos de passageiros, totalmente integradas num espaço que partilham com outros meios de mobilidade.



Figura 2-5 - Via em carril embebido no Metro do Porto [35]

Segue-se a descrição de cada um dos tipos de via referidos, na qual são realçadas as respectivas vantagens, desvantagens e condições de aplicabilidade. Os processos construtivos serão abordados no próximo capítulo.

2.1.1. Via Balastrada

A via balastrada representa o processo construtivo tradicional ao qual associamos a nossa imagem de caminho de ferro, ou seja, os carris assentes sobre travessas e balastro, tal como representado na (Figura 2-6).



Figura 2-6 - Via Balastrada [35]

A via balastrada varia na medida em que varia o armamento de via (Carril, travessa e fixações). As travessas podem ser de madeira, em betão ou mesmo metálicas, embora esta solução não seja aplicada em Portugal (Figura 2-7).

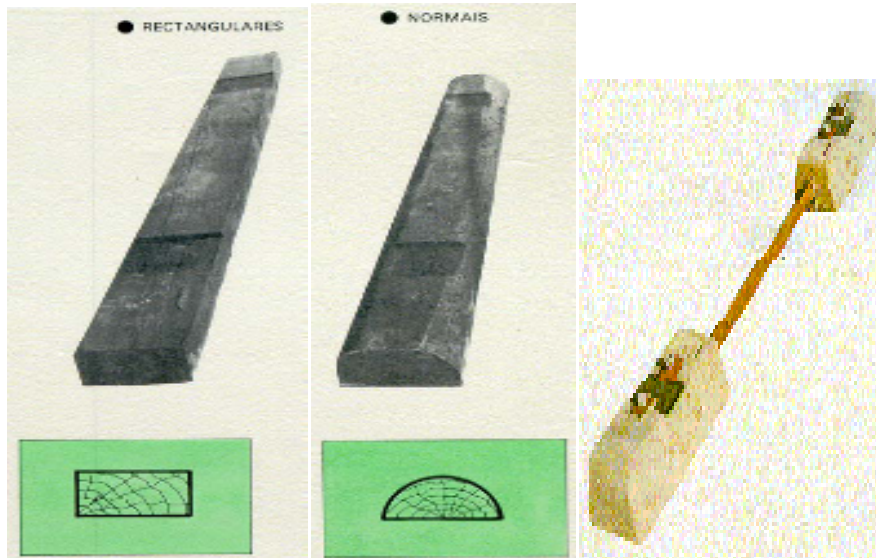
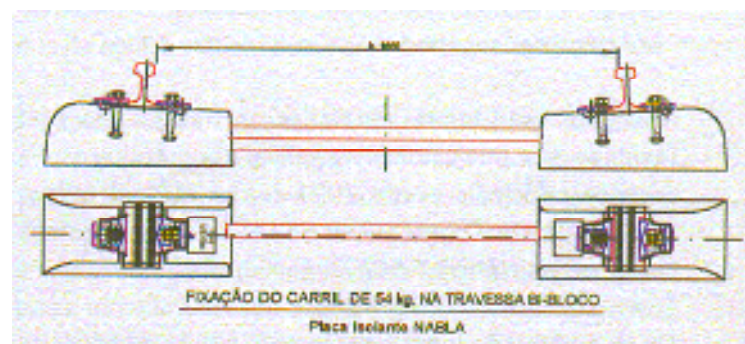
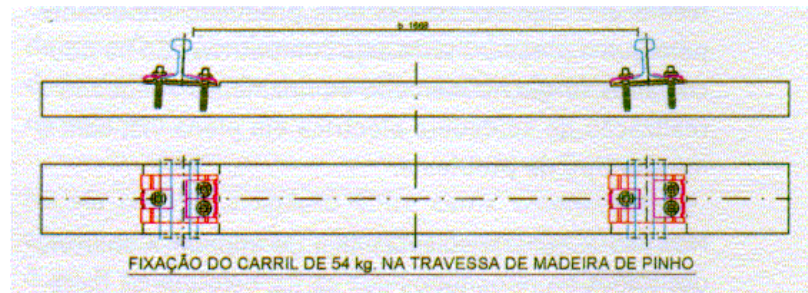


Figura 2-7 - Travessas de madeira e de betão [29]

As travessas de betão são construídas com um sistema de fixação previamente definido pelo cliente ou proposto pelo fabricante, na medida em que uma parte destes sistemas é integrada no fabrico das travessas. Existem vários sistemas de fixação (Figura 2-8), que variam conforme o tipo de travessas em que são aplicadas.



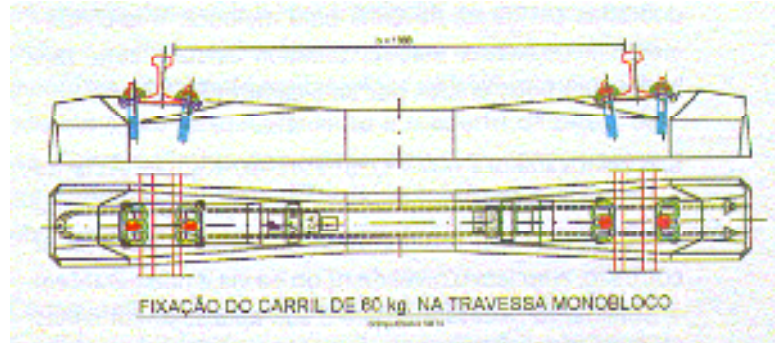


Figura 2-8 - Sistemas de fixação em travessas de madeira e de betão [29]

Na via balastrada utiliza-se o carril Vignole (Figura 2-9), sendo a aplicação de carril de gola, normalmente reservada às vias revestidas. O Carril varia com as suas propriedades mecânicas, sendo utilizado em Portugal, quer o carril 54E1 (54 kg/m) para as linhas secundárias ou de resguardo, quer o carril 60E1 (60 kg/m) para as linhas principais ou gerais. Existem nas linhas mais antigas, por renovar, muitas outras secções (36, 40, 45).

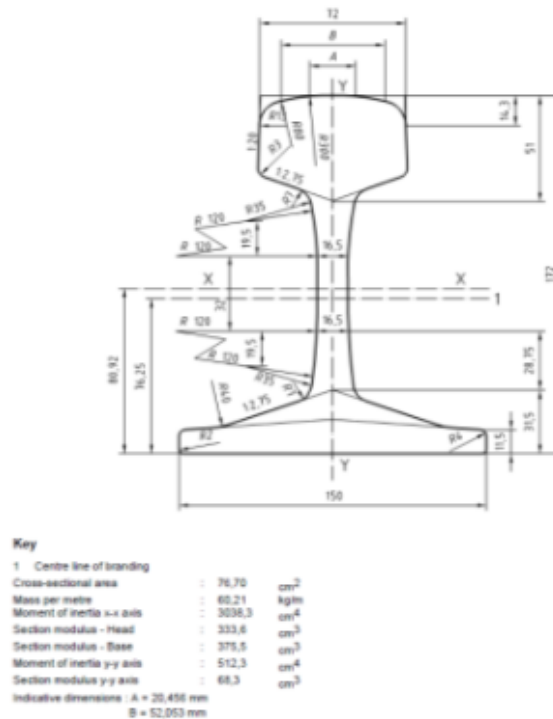


Figura 2-9 - Perfil do carril 60 E1 [16]

Os aparelhos de mudança de via (AMV), à semelhança do carril, são comuns aos 2 tipos de construção de via, que fundamentalmente se podem agrupar em desvios e atravessamentos.



Os desvios permitem passar de uma via para outra, cujos eixos são tangentes, correspondendo a seguinte estrutura (Figura 2-10): Grade da agulha; Grade intermédia ou ramo curvo; Grade da cróssima ou cruzamento.

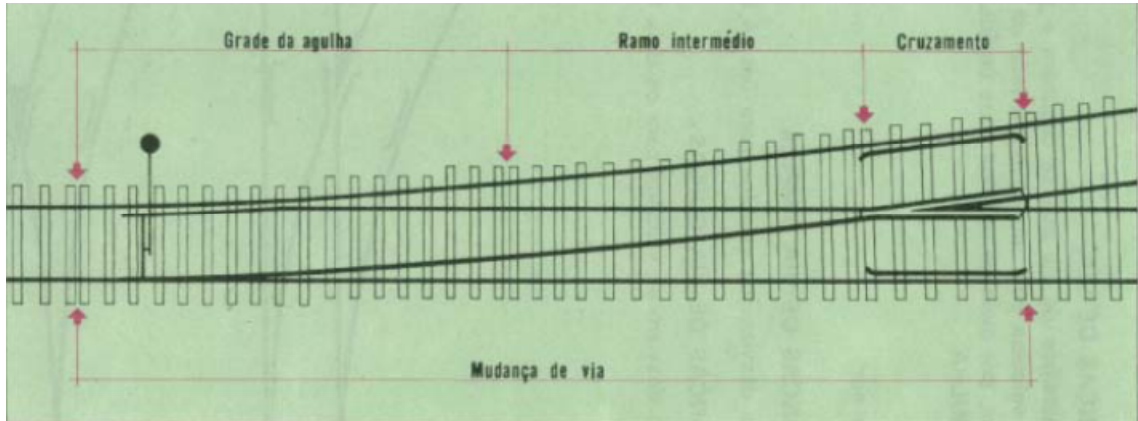


Figura 2-10 - Estrutura de aparelho de mudança de via [29]

Conforme a derivação que permitem, distinguem-se os seguintes tipos:

- Direitos – desviam à direita;
- Esquerdos – desviam à esquerda;
- Simétricos – desviam para 2 direcções.

Os atravessamentos permitem passar de uma via para outra, cujos eixos se cruzam.

- TO e TR (Figura 2-11) - Nome dos aparelhos que não permitem mudar de direcção mas apenas fazer o atravessamento de uma ou mais vias (oblíquos e rectangulares). Os atravessamentos rectangulares estão a ser evitados, pelos seus inconvenientes e pouca utilidade.

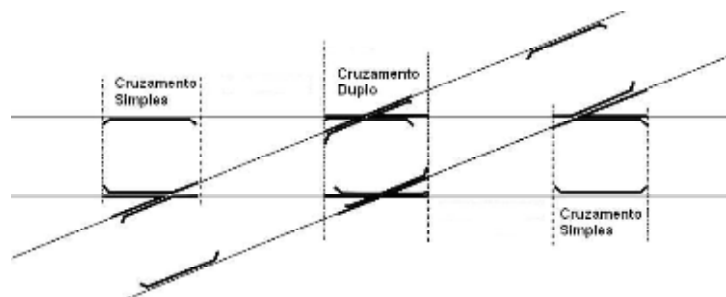


Figura 2-11 - Atravessamento Oblíquo [29]



- Transversais de junção simples e duplas (TJS E TJD) - Nome dos aparelhos que permitem o atravessamento de vias e também a mudança entre vias mediante a manobra das suas agulhas (Figura 2-12 e Figura 2-13).

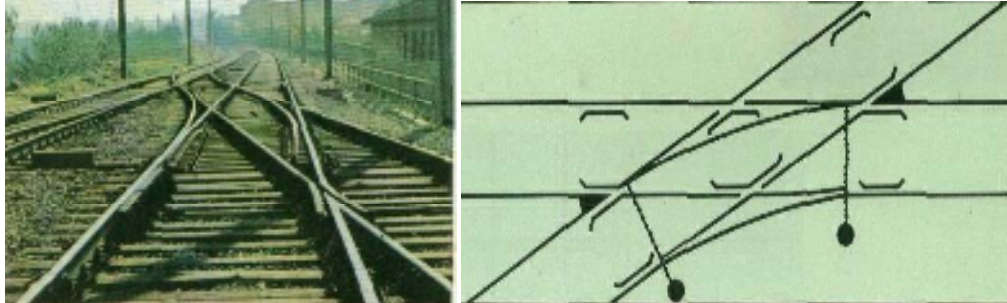


Figura 2-12 - Fotografia e esquema da TJS [29]

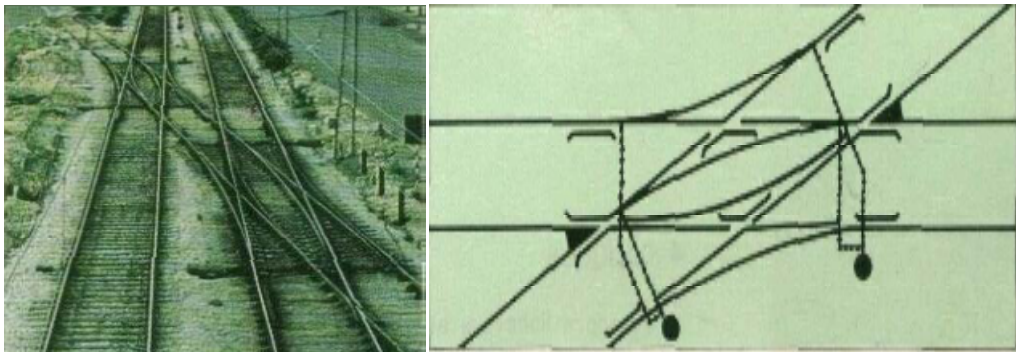


Figura 2-13 - Fotografia e esquema de TJD [29]

- “S” de ligação (diagonal de junção ou comunicação) - Nome dado ao conjunto formado por dois AMV contíguos, colocados em sentido contrário, um do outro e ligados entre si (Figura 2-14).

Esta é a solução adoptada em projectos de linhas novas, sempre que o traçado permita instalar este tipo de solução. Tem por vantagem, maior fiabilidade e segurança, bem como menores custos de manutenção. O seu comprimento, que pode atingir 200 m, exige características de traçado que poderão inviabilizar a sua utilização na renovação de linhas existentes e em estações.

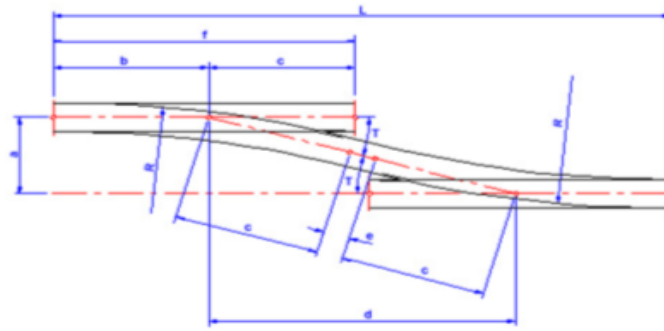


Figura 2-14 - "S" de ligação [12]

As principais vantagens da utilização da via balastrada são [10] [30]:

- Custos de construção e de substituição de materiais inferiores aos da via em placa;
- Facilidade de adaptação a traçados que apresentem curvas com raios reduzidos e escalas elevadas, com ataque mecânico pesado;
- Redução do ruído e das vibrações no terreno;
- Possibilidade de reaproveitamento do balastro em operações de manutenção e renovação;
- Grande elasticidade da via;
- Facilidade na correção de pequenos defeitos geométricos na via, desconformes com as tolerâncias de construção;
- A camada de balastro apresenta boas características drenantes.

As principais desvantagens da utilização da via balastrada são [10] [30]:

- Menor resistência ao deslocamento transversal, em curvas;
- Custos de manutenção superiores aos da via em placa;
- Deterioração e contaminação do balastro;
- Mau comportamento em zonas de túneis e viadutos (plataformas rígidas);
- Menor durabilidade.

A aplicabilidade da via balastrada reflecte-se na generalidade das linhas que formam a Rede Ferroviária Nacional, bem como em grande parte das Redes Ferroviárias existentes no estrangeiro, incluindo as Redes de Alta Velocidade, não havendo quaisquer imposições à sua utilização por incrementos de velocidade comercial, ou seja, a sua aplicabilidade é corrente em todos os tipos de linha férrea existentes.



2.1.2. Via Não Balastrada (em Placa)

Pode-se definir a via não balastrada, como a via em que o balastro foi substituído por uma ou várias camadas de materiais mais ou menos rígidos (laje de betão, base asfáltica ou uma base metálica).

A laje de betão pode ser construída “in situ” ou pode ser constituída por peças pré-fabricadas. A base asfáltica é construída por compactação e em contínuo.

Em alguns casos as travessas são substituídas por outros elementos que compõem a via em placa.

O Japão foi o primeiro país a construir via em placa (em túneis e pontes), com o sistema Shinkansen, em 1966. Na Europa, foi a Alemanha a iniciar aplicações de via em placa, com o sistema Rheda, em 1972.

Os principais tipos de via em placa classificam-se fundamentalmente pelo tipo de apoio dos carris (discreto ou contínuo).

O sistema normalmente associado à via em placa com apoio contínuo do carril, é o sistema Edilon Corkelast® Embedded Rail System (ERS), embora a CDM também já apresente soluções para este tipo de via em placa, com é o caso do Q-Track. Quer a Edilon (Figura 2-15), Quer a CDM, desenvolveram soluções de carril contínuo adaptadas a lajes betonadas “in situ”, ou a lajes prefabricadas.



Figura 2-15 – Via embebida em Passagem de nível [30]

No caso de carris com apoio discreto, o número de soluções técnicas dispersa-se bastante mais.



Distinguem-se dois grandes grupos: Soluções com inclusão de travessas no processo construtivo e soluções sem travessas. Existem para ambos os casos, soluções para lajes prefabricadas e lajes betonadas “in situ”.

As lajes podem igualmente ser aplicadas sobre materiais que lhes confiram maior elasticidade, razão pela qual são designadas por lajes flutuantes. Em certos troços do Metro do Porto, utilizou-se o primeiro exemplo ilustrado na Figura 2-16, Colocando um elastómero entre a laje de suporte e a laje de selagem das travessas.

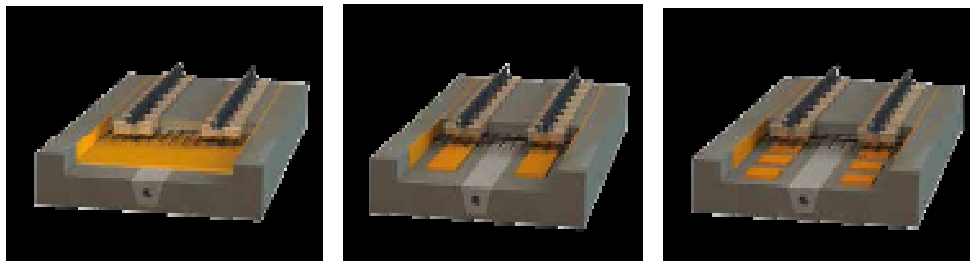


Figura 2-16 - Tipos de laje flutuante [3]

- Soluções com travessas – Existem, neste grupo, várias soluções em que as travessas estão embebidas na laje de betão, tais como o Sistema Rheda 2000®.

Outras soluções, adoptam processos construtivos em que as travessas não são embebidas, como é o caso da via Stedef em lajes de betão, ou os casos de aplicação de travessas sobre lajes asfálticas, como são exemplo os sistemas ATD e Getrac® (Figura 2-17).



Figura 2-17 – Via sobre laje asfáltica [30]

- Soluções sem travessas – Estas soluções assentam em sistemas alternativos à utilização de travessas, seja com recurso a sistemas de



fixação ligados à laje. O sistema Edilon Direct Fastening – EDF (Figura 2-18), é uma solução normalmente utilizada em vias assentes em longarinas.

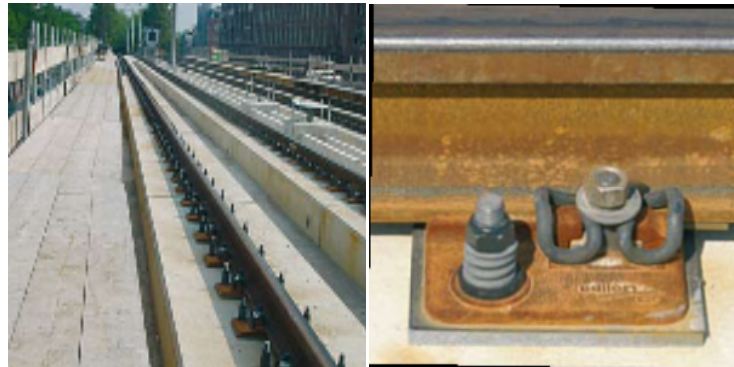


Figura 2-18 - Via sobre longarinas [6]

As soluções sem travessas também poderão passar por sistemas que utilizem blocos independentes em betão (Figura 2-19). Estes poderão ser embebidos na laje de betão, ou poderão ser assentes sobre a laje e embebidos em elastómero (Sistema Edilon Corkelast® Block System – EBS).

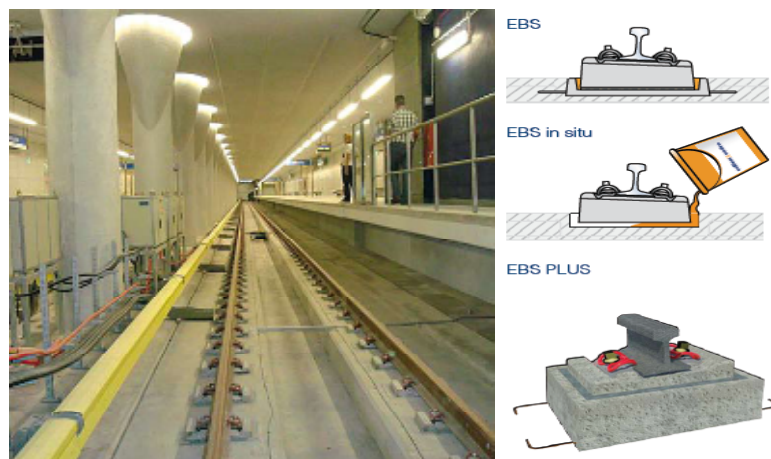


Figura 2-19 - Via sobre blocos [6]

As principais vantagens da utilização da via em placa são [10] [30]:

- A geometria da via e a posição dos distintos elementos do sistema se mantêm inalteráveis ao longo do tempo;
- Os trabalhos de conservação e manutenção são reduzidos, contribuindo para a redução do custo da via;



- Aumenta a segurança das circulações, ao diminuir os defeitos transversais;
- Em caso de acidentes permite uma fácil circulação de veículo de resgate sobre a via;
- Diminui a altura de construção e aumenta a secção útil (gabarito);
- Permite realização da limpeza da plataforma;
- Pode suportar cargas por eixo mais elevadas que a via com balastro;
- Tempo de vida útil superior.

As principais desvantagens da utilização da via em placa são [10] [30]:

- O elevado custo de construção, cerca do dobro da via balastrada, porém depende da tipologia da secção;
- Falta de experiência e mecanização nos processos construtivos;
- A sua montagem deve ser com a máxima precisão, com as tolerâncias de geometria mais restritivas do que com a via balastrada. Uma vez betonada a laje, a correcção dos erros geométricos, torna-se bastante mais complexa do que a via tradicional;
- Complexidade na detecção e reparação de defeitos do carril;
- Podem surgir assentamentos diferenciais nas zonas de transição, entre a terraplanagem e os túneis, devido à diferente rigidez que apresentam. Na via balastrada este assentamento diferencial pode suavizar-se atacando o balastro;
- É necessária a construção de um sistema de drenagem.

Actualmente a via em placa é uma solução aplicada nos túneis, nas pontes e nos viadutos, nas estações ferroviárias, nas redes urbanas de eléctricos, metros subterrâneos e de superfície, nos terminais de carga, nas passagens de nível e nas linhas de alta velocidade.

2.2. A Catenária

Os sistemas de catenária são concebidos para transporte da energia necessária à circulação dos comboios.



Apesar da forte carácter electrotécnico destes sistemas, existe na catenária uma afinidade com a Engenharia Civil que passa geralmente despercebida, de quem não acompanha o desenvolvimento e a execução destas infraestruturas.

Como ilustra a Figura 2-20, os sistemas de catenária são constituídos por cabos longitudinais suspensos em apoios (normalmente consolas). Estes apoios são fixados sobre postes, que por sua vez são suportados por maciços em betão. E todo este dimensionamento é mecânica (cálculo de esforços, tensões e momentos flectores) e resistência de materiais.

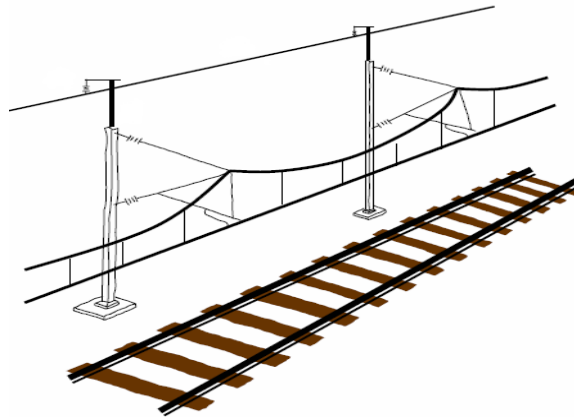


Figura 2-20 - Sistema de Catenária [11]

O dimensionamento mecânico (comprimento, distância entre apoios e resistência mecânica) dos condutores é efectuado pelas leis da física.

Existem inclusivamente estudos a ser realizados com o intuito de analisar o cálculo do conjunto: cabo de suporte, fio de contacto e pêndulos, pelo método dos elementos finitos.

As restantes estruturas que compõem o sistema de catenária, são à excepção dos maciços, estruturas metálicas (tubulares, planas e ligações), dimensionadas com recurso aos Eurocódigos Estruturais 0, 1, 3 e 9 no caso de estruturas em alumínio.

Os maciços de betão são dimensionados como fundações, com recurso aos Eurocódigos 2 e 7 (estudo geotécnico).

Na catenária, estes elementos são dimensionados de cima para baixo, ou seja, parte-se dos cabos para calcular os apoios (consola/poste) e com base nos momentos calculados na base do poste, dimensionam-se os maciços de suporte.



O dimensionamento eléctrico, por sua vez, tem por objectivo o cálculo dos condutores, de forma a assegurar a fiabilidade do sistema no que respeita à alimentação, captação de energia, retorno da corrente, e sistema de terras, bem como as interferências electromagnéticas com as restantes infraestruturas existentes, nomeadamente cabos de telecomunicações e sinalização, estruturas em aço e em betão armado, edificações existentes e serviços afectados que cruzem a linha electrificada.

Os sistemas de energia de tracção, incluem as subestações de alimentação que recebem a energia da rede eléctrica nacional (alta tensão) transformando em energia (média e baixa tensão) que irá alimentar a tracção dos comboios.

Em Portugal existem os seguintes sistemas instalados:

REFER:

- 25kV 50Hz – Grande parte da rede electrificada;
- 2x25kV 50Hz – Linha da Beira Alta, Linha da Beira Baixa e Variante de Alcácer. Permite reduzir o número de subestações, aumentando as distâncias entre elas;
- 1500V CC (corrente contínua) – A Linha de Cascais foi primeira linha electrificada em Portugal (1926) mas está em estudo a sua reconversão para o sistema 25kV 50Hz.
- Metro de Lisboa:
 - 750V CC (corrente contínua).
- Metro de Porto:
 - 750V CC (corrente contínua).
- Metro Sul do Tejo:
 - 750V CC (corrente contínua).
- Sistema de Mobilidade do Mondego prevê:
 - 750V CC (corrente contínua).
- Carris:
 - 660V CC (corrente contínua).

Embora existam vários tipos de sistemas de catenária, os seus processos construtivos não provocam efectivas alterações no modo como serão optimizados os respectivos recursos.





3. OS TRABALHOS E OS SEUS RECURSOS

Os trabalhos de via e de catenária partilham o mesmo espaço / canal (linha de caminho de ferro) e complementam-se na medida em que preenchem todo sistema carril (via) /roda – veículo (equipamentos) - pantógrafo/fio de contacto (catenária).

Este facto implica que os trabalhos de via e de catenária tenham que ser realizados sem comboios a circular, ou seja, fora dos períodos de exploração, ou com restrições a essa circulação.

Em condições de segurança (Figura 3-1), os trabalhos de via e de catenária realizam-se, com interdição de uma ou mais vias e corte de tensão das catenárias a intervir.

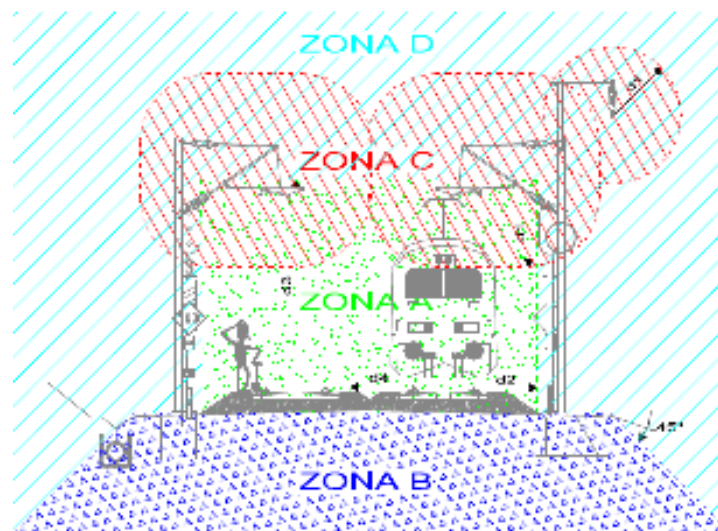


Figura 3-1 - Regras de segurança dos trabalhos – Zonas de segurança [22]

As interdições e os cortes de tensão são concedidas pelo gestor da Infraestrutura geralmente durante a noite ou em períodos mais alargados durante os fins-de-semana, dependendo caso a caso e de linha para linha.

Conforme referido no ponto 2.1, existe efectivamente uma diferenciação nos equipamentos utilizados nas actividades de via e catenária face às restantes especialidades e que se prende na necessidade de realizar a generalidade dos seus trabalhos sobre carris. A utilização de meios rodoviários está desta forma limitada.



Em Portugal, a circulação de equipamentos afectos à construção e manutenção das infraestruturas está regulamentada pelo IMTT (Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres).

Existe igualmente uma grande componente tecnológica dos equipamentos associados construção e manutenção de vias balastradas, na medida em que estes devem realizar todo o trabalho cumprindo as tolerâncias de execução fixadas pelo Gestor da Infraestrutura (IT.VIA.018.02) com base nas séries das seguintes normas europeias (EN 13848 e da EN 13231).

A REFER (Gestora das Infraestruturas em Portugal) exige que os equipamentos devem ser previamente homologados para executar os trabalhos a que se destinam. Trata-se de um procedimento que avalia o desempenho do equipamento durante a execução dos respectivos trabalhos de via e que visa dar garantias da boa execução e do cumprimento das tolerâncias fixadas.

Estes são, entre outros, os factores que determinam o elevado grau de especialização da mão-de-obra associada aos trabalhos de via e catenária:

- Segurança associados aos trabalhos em condições muito exigentes (a REFER exige uma formação em segurança ferroviária a todos os indivíduos que trabalhem nas suas infraestruturas);
- Operacionalidade dos equipamentos (regras de circulação); de componente tecnológica (equipamentos de via);
- Experiência nos processos construtivos (montagens de catenária). Nas actividades de catenária, os equipamentos desempenham essencialmente uma função de apoio à actividade humana, visto que a catenária contém uma forte componente manual nas suas actividades.

A indústria ferroviária reflecte toda esta situação, na medida em que a generalidade das empresas do sector agruparam estas duas valências (via e catenária) e têm nos equipamentos e na mão-de-obra, os seus activos mais valiosos.

Porém, a via e a catenária, tal como com todos irmãos, têm identidades próprias, caracterizadas por processos construtivos próprios com utilização de materiais muito distintos, que requerem abordagens diferentes.



3.1. A Via

Com excepção das linhas novas ou variantes, a construção da via efectua-se por regra sobre os traçados existentes. Este facto leva à necessidade de levantar a via existente (Figura 3-2), para que se procedam aos trabalhos de tratamento de plataforma.



Figura 3-2 - Tramo de via levantado [35]

Esta actividade exige a gestão do material levantado que, deve ser entregue ou levado a vazadouro em função do seu estado de conservação. Desta forma é comum retirar a via velha por tramos (carril e travessas) de 18m, sendo estes posteriormente desmontados numa área junto à via.

Não é comum recuperar o balastro nas obras de construção de via onde se proceda ao tratamento da plataforma. A recuperação de balastro é mais comum nas obras de conservação, onde o balastro é retirado com desguarnecedora (Figura 3-3), que efectua a sua depuração e reposição na via.



Figura 3-3 - Desguarnecimento mecânico pesado [35]

Nos casos em que se verifica trabalhos de renovação das plataformas, os trabalhos de via ficam suspensos e só se reiniciam com a aprovação final da plataforma.

Dita a prudência que se efectue um levantamento topográfico da plataforma antes da execução de qualquer trabalho de via, de modo a minimizar prejuízos na contabilização final dos volumes de balastro ou betão aplicados na via, às cotas de projecto. Este levantamento pode ser efectuado no decorrer da piquetagem inicial do eixo da via.

Actualmente os projectos de via fornecem as coordenadas topográficas dos pontos notáveis do traçado em planta (curvas e alinhamentos rectos) e perfil longitudinal (traineis e curvas verticais), que permitem ao topógrafo instalar ao longo da via as estacas provisórias essenciais à boa execução dos trabalhos.

O bom acompanhamento dos trabalhos por parte da topografia reduz os custos de execução, na medida em que se podem evitar, a título de exemplo, ripagens excessivas da linha durante os trabalhos de ataque mecânico pesado, em vias balastradas.

No caso das vias em placa, o controlo topográfico é uma ferramenta indispensável, da qual depende a autorização de qualquer betonagem de selagem da via.

Outro dos aspectos comuns aos trabalhos de via nos diferentes processos construtivos é o dos parâmetros e tolerâncias da via. No final, a via construída não



deverá apresentar defeitos de nivelamento, alinhamento, empeno e bitola fora dos parâmetros definidos nos respectivos cadernos de encargos.

O controlo da qualidade tem neste processo um papel determinante, na medida em que procura contribuir para a melhoria dos resultados operacionais.

3.1.1. Via Balastrada

A execução de uma via balastrada inclui as seguintes actividades:

- Assentamento da via em osso (Figura 3-4):

Designa-se por via em osso, o conjunto formado pelo carril já fixado às travessas, pois assemelha-se a um esqueleto.



Figura 3-4 - Via em osso [35]

A aplicação da primeira camada de balastro, numa espessura de 10cm, com recurso a espalhadora de inertes acoplável a camião (Figura 3-5), passou a ser uma regra instituída nas construções de via sobre plataformas novas.



Figura 3-5 - Descarga da 1ª camada de balastro [35]

Mas a sua origem surgiu com o aparecimento das travessas monobloco pós-tensionadas, quando se verificou que estas travessas não assentavam uniformemente sobre a plataforma, pelo que não resistiriam ao peso dos comboios de serviço, necessários às primeiras descargas de balastro. Caso que não sucedia então com as travessas bibloco sem secção central.

Após algumas experiências, em que se aplicaram sacos de balastro sob os topos das travessas, aumentando consideravelmente os custos de montagem associados a esta operação, ficou definido assentar uma camada de 10cm com um sulco de cerca de 70cm para que as travessas não apoiem na secção central.

Esta operação passou a ser também efectuada no caso das travessas bibloco, quando se verificou que, esta primeira camada de balastro reduzia os custos referentes aos primeiros ataques de enchimento e nivelamento (2x5cm) evitando também o contacto das pioches das atacadeiras com a plataforma.

Em seguida efectua-se a distribuição das travessas (Figura 3-6) sobre a camada inicial de balastro, as travessas são colocadas alinhadas e com um afastamento de 0.60m (entre eixos das travessas).



Figura 3-6 - Distribuição de travessas [35]

O assentamento do carril sobre as travessas (Figura 3-7) é uma das actividades que exige maior planeamento ao nível dos aprovisionamentos de materiais de via, conforme se verificará na análise da optimização dos recursos, nomeadamente o aprovisionamento dos materiais (Capítulo 5).



Figura 3-7 - Assentamento de carris [35]

O aperto das fixações com trefonadora (Figura 3-8) representa a conclusão da actividade de assentamento da via em osso. Antes de passar para uma nova fase de produção deve-se confirmar os diversos parâmetros previstos no autocontrolo (sistema da qualidade):

- O afastamento das travessas;
- A sua correcta esquadria;
- A verificação da bitola (afastamento entre carris).



Figura 3-8 - Aperto das fixações [35]

Estes são aspectos avaliados nas vistorias para a recepção das linhas, cujos defeitos podem ser minimizados nesta fase, pois dificilmente serão corrigidos com a via balastrada e compactada. Os custos de reparação serão então bastante mais elevados.

- Balastragem e ataque mecânico pesado:

Uma vez assente a via em osso sobre a primeira camada de balastro, procede-se à descarga de balastro por meios ferroviários (Figura 3-9).



Figura 3-9 - Transporte e descarga de balastro [35]

O ataque mecânico pesado é efectuado com a atacadeira que, por intermédio de um sistema computadorizado, efectua os levantamentos e ripagens que colocam a via na posição de projecto.

Esta operação é realizada em troços e em contínuo, sendo efectuadas passagens sucessivas, intercaladas de descargas de balastro. A subida de rasante da via (levantamentos) efectua-se à custa do balastro que é



empurrado pelas pioches para baixo das travessas (Figura 3-10). Em regra, são necessárias três passagens para que via fique na sua posição definitiva.



Figura 3-10 - Ataque pesado [35]

A atacadeira é sempre acompanhada de uma reguladora, que afasta o balastro que se deposita sobre o carril após a descarga com os vagões balastreiros, de forma a evitar descarrilamentos ou danos no equipamento da atacadeira. Após os ataques, a reguladora regulariza a via de modo a conceber-lhe um perfil definitivo e o acabamento desejado (Figura 3-11).



Figura 3-11 – Regularização do perfil da banquetta [35]

O grupo de ataque (conjunto de máquinas que formam o comboio de serviço), fica completo com a estabilizadora. Este equipamento efectua após os ataques e nos termos definidos nas especificações técnicas do



cliente, a vibro-compactação do balastro, simulando a passagem de 100 mil toneladas, ou seja muitos comboios. Esta actividade visa assegurar que não ocorrerão assentamentos e defeitos de via indesejados após a colocação ao serviço da via.

- Soldaduras aluminotérmicas:

A eliminação das juntas existentes entre barras de carris é efectuada por soldadura aluminotérmica. Estas soldaduras conferem ao carril uma continuidade que se traduz na melhoria das condições de circulação e na redução do ruído.

A sequência de fotografias que compõem a Figura 3-12 ilustra todo o procedimento de execução de uma soldadura aluminotérmica, do qual se realçam os exigentes critérios de controlo.



Figura 3-12 - Execução de uma soldadura aluminotérmica [32]

Uma soldadura mal executada implica a sua eliminação o que se traduz uma vez mais em custos. A título de exemplo, em novos aparelhos de mudança de via, a eliminação de uma soldadura pode implicar a



substituição do elemento danificado, como é o caso de uma lança (agulha). Por esta razão, a execução de soldaduras deve ser efectuada após os primeiros ataques, com a via nivelada.

A continuidade do carril introduz tensões internas devidas ao seu comportamento mecânico com as variações de temperatura. O carril permite, uma vez uniformizadas as tensões internas, gerar um núcleo com uma extensão quase ilimitada, por isso chamada de barra longa soldada (BLS).

Para uniformizar estas tensões, regularizam-se as barras em intervalos, que variam de acordo com as condições de execução deste trabalho.

Trata-se de uma actividade complexa que exige qualificação do responsável pela operação, tendo em consideração os cálculos e verificações necessárias à sua boa execução, bem como uma equipa muito experimentada.

A regularização de barras consiste na seguinte sequência de operações:

- Posicionamento da frente de trabalhos na secção onde se irá realizar a soldadura referente à regularização de barras. É usual fazer coincidir esta operação com juntas por soldar. A regularização de barras efectua-se para os dois lados da junta, com troços normalmente semelhantes, de forma a equilibrar o trabalho e o esforço dos tensores hidráulicos (quando necessários).
- Marcação prévia da posição inicial e final do carril relativamente ao eixo da fixação, por estação (50 em 50m). Estas marcações resultam dos cálculos efectuados, tendo em consideração a extensão do troço a regularizar e a variação de temperatura (actual face à normal).
- Colocação dos tensores hidráulicos. No caso da variação de temperaturas corresponder a uma redução superior a 5°C, considera-se que o carril irá contrair significativamente sendo necessário utilizar tensores hidráulicos que permitirão o tensionamento dos carris até à posição onde serão soldados. Como é normal executar estes trabalhos de noite, a utilização dos tensores é praticamente garantida.
- Libertação parcial dos carris ao nível da fixação de modo a permitir que estes possam contrair e dilatar sem sair do seu posicionamento. São



então colocados roletes para melhorar este deslizamento dos carris. Efectua-se um corte no carril, quando não existir junta por soldar.

- Batem-se as barras ao longo de toda a extensão à medida que são tencionadas as suas extremidades até que o carril se posicione junto às marcas definitivas.
- Inicia-se então a remoção dos roletes e o aperto das fixações, com eventual reposicionamento das palmilhas.
- Efectua-se então a soldadura aluminotérmica. Os tensores só devem ser libertados após o arrefecimento da soldadura (cerca de 40 minutos).

A BLS tem nas suas extremidades zonas de respiração com cerca de 150m (este comprimento varia com o tipo de armamento de via), nas quais se verificam variações por efeito térmico, e que exigem da via, mecanismos que permitam os movimentos de dilatação e contracção do carril. Desta forma é comum instalar, quer aparelhos de dilatação, ou zonas de secções com barra curta (via com juntas abertas).

- Trabalhos finais:

Tal como a regularização de barras, existe todo um conjunto de trabalhos de via que só se devem executar após a conclusão dos trabalhos de ataque mecânico pesado e regularização final do balastro.

Entre estes trabalhos incluem-se a esmerilagem preventiva, a auscultação ultrasónica do carril e a piquetagem definitiva da via.

A esmerilagem preventiva é efectuada com equipamento pesado que confere ao carril um desgaste uniforme e contínuo, e que visa eliminar possíveis defeitos associados ao desgaste ondulatório. Deve ser assegurada a boa execução das soldaduras de modo a evitar a introdução de defeitos provocados pela esmerilagem.

A auscultação ultrasónica consiste numa medição da qualidade da soldadura, por defeito entendeu a REFER exigir a realização deste ensaio em contínuo, incluindo desta forma todo o carril. Parece excessivo, visto que o carril é um material sujeito a um controlo de fabrico muito exigente, sem o qual não é aprovado o seu fornecimento.



As instruções técnicas da REEFR preconizam que a piquetagem definitiva da via se efectue em pontos notáveis do traçado em planta e em perfil.

A implantação dos pontos notáveis referentes ao traçado (curvas), tal como definidos na Instrução Técnica IT.VIA.005.01 de 2003, remete a piquetagem definitiva para uma inutilidade permanente, na medida em que define que serão piquetados pontos fictícios (não materializáveis) denominados de “doucines”, cujas coordenadas resultam de um estudo de optimização do traçado por meios computadorizados e anulam-se após cada ataque.

Entende-se que deveriam ser piquetados os pontos correspondentes ao cálculo de projecto, nomeadamente as entradas e saídas das curvas de transição uma vez que conferem à piquetagem definitiva um carácter permanente e um instrumento de utilização fidedigna no local.

No quadro A-1 do Anexo A, indica-se as equipas tipo e rendimentos, geralmente associadas a cada uma das actividades de construção da via balastrada.

As cargas de mão-de-obra e de equipamentos, bem como os rendimentos apresentados são apenas uma referência. Estes meios devem ser racionalizados (optimizados) durante a execução do plano de trabalhos e respectivos planos de equipamento e de mão-de-obra, em função das condicionantes da obra, conforme referido no ponto 4.2.3 deste estudo.

3.1.2. Via Não Balastrada (em Placa)

Os pormenores de execução de uma via em placa, diferem de sistema para sistema, função dos materiais que os constituem. No entanto, existem aspectos construtivos que são comuns à generalidade dos sistemas.

A Figura 3-13, a Figura 3-14 e a Figura 3-15, ilustram para vários tipos de via em placa a opção pelo mesmo método construtivo, que consiste nas seguintes operações:



Figura 3-13 - Sistema Rheda 2000 [6]



Figura 3-14 - Sistema Edilon EDF [6]

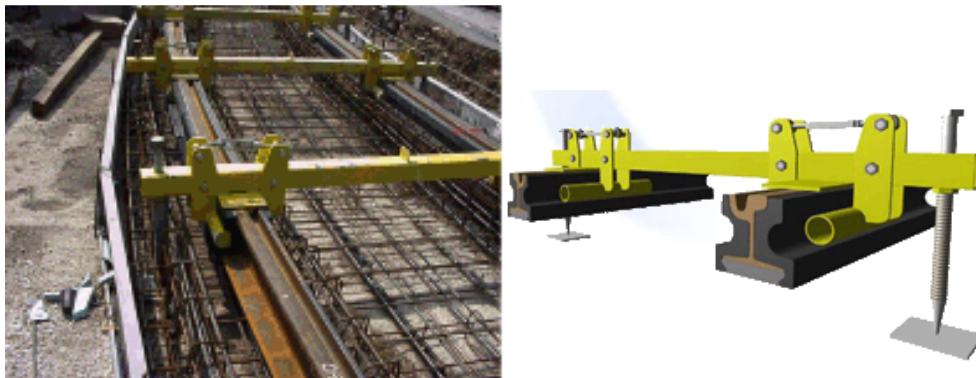


Figura 3-15 - Sistema CDM Q-Track [5]

- Distribuição dos materiais de via e montagem sobre a camada de forma ou apoio;
- Alinhamento e nivelamento com posicionadores de via (pórticos ou ripadoras de via);



- Colocação da via às cotas de projecto por intermédio dos niveladores e espaçadores, que conferem a bitola no caso das vias sem travessas;
- Verificação topográfica do posicionamento da via;
- Betonagem da laje por tramos e cura do betão;
- Remoção dos niveladores ou pórticos auxiliares;
- As camadas de revestimento final da via são posteriormente executadas no âmbito da integração urbanística, variando entre pavimento betuminoso, relva e calçada.

Existe igualmente a possibilidade de executar previamente a laje, sobre a qual se coloca posteriormente a via. Este processo construtivo é utilizado nos seguintes casos:

- No carril embebido com elastómero. As lajes são executadas com os negativos onde irão assentar os carris. O Carril é posteriormente posicionado com niveladores, conforme ilustram as imagens da Figura 3-16.



Figura 3-16 - Etapas de construção da via com carril embebido [6]



- Aplicação lajes pré-fabricadas, posteriormente seladas entre si e à base de apoio (Figura 3-17). Muitas destas soluções incluem os sistemas de fixação para aplicação posterior do carril. Mais uma vez se realça a importância da verificação topográfica na construção de via em placa.



Figura 3-17 - Esquema de execução do sistema AFTRAV [10]

- Aplicação de via com fixação directa, o processo exige igualmente que o carril seja nivelado e alinhado na sua posição definitiva. De seguida executam-se os carotes na laje onde serão selados os pernos de fixação. Com resina, efectua-se por fim o preenchimento do espaço necessário ao assentamento dos sistemas de fixação sobre a laje (Figura 3-18).

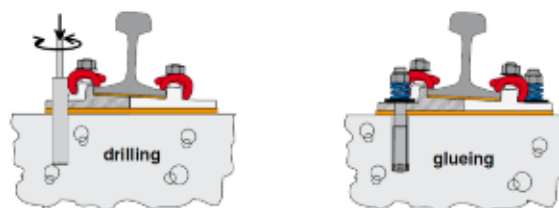


Figura 3-18 - Aplicação de fixação EDF sobre a laje ou longarina [6]



No quadro A-2 do Anexo A, indica-se as equipas tipo e rendimentos, consideradas na construção da via em placa com travessas bibloco Stedef (Metro de Lisboa).

As cargas de mão-de-obra e de equipamentos, bem como os rendimentos apresentados são apenas uma referência e resultam da média dos rendimentos considerados para os vários troços da Empreitada. Estes meios foram racionalizados (otimizados) durante a execução do Plano de Trabalhos, em função das condicionantes da obra.

Confirma-se a ausência do equipamento pesado de via, utilizado na construção da via balastrada.

3.2. A Catenária

A montagem de um sistema de catenária inclui os seguintes trabalhos:

- Pré-montagens em estaleiro:

A pré-montagem na catenária constitui um factor decisivo para o sucesso dos trabalhos, razão pela qual será sujeita a estudo mais aprofundado no capítulo 5.

- Execução de maciços:

Esta actividade de construção civil que inclui a escavação do terreno, execução de uma betonilha de regularização, betonagem e selagem do poste, requer um controlo efectivo na sua implantação. A REFER regulamentou esta actividade na IT-C-004 – Maciços para postes de catenária.

A implantação dos maciços pode ser efectuada por medição (Figura 3-19), tendo por referência a via a electrificar, ou por coordenadas topográficas sempre que a via não estiver materializada (construída).

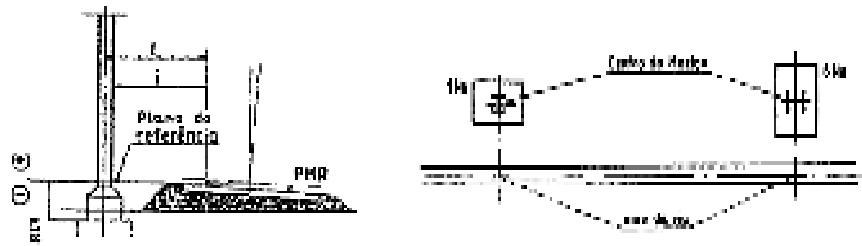


Figura 3-19 - Implantação de maciços [26]

A implantação deve igualmente assegurar a identificação do tipo de maciço a executar, tendo presente que as suas dimensões variam com o tipo de poste a instalar.

Os maciços são geralmente betonados com um negativo designado por “carote”, cujas dimensões também variam com o tipo de maciço (Figura 3-20). As carotes são retiradas assim que o betão ganha presa.

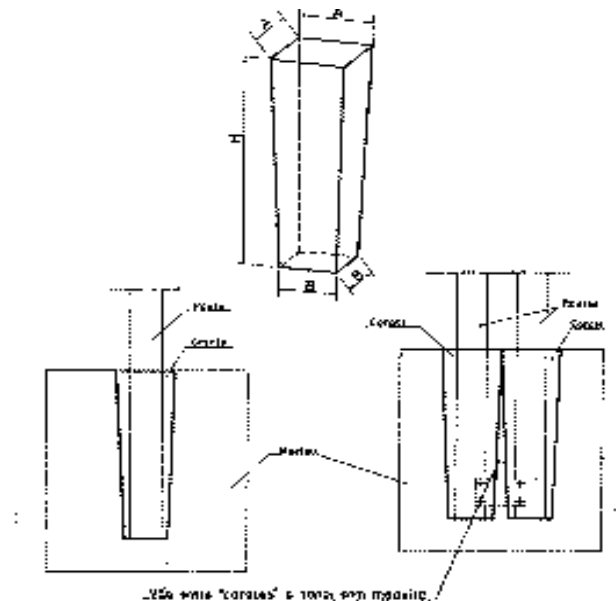


Figura 3-20 – Carotes [26]

Existem soluções alternativas de maciços cilíndricos (estacas), nos quais são colocados pernos de espera, aos quais serão fixadas as bases dos postes.

Sempre que as condições assim permitam, deve tentar executar-se os maciços por meios rodoviários, aproveitando a disponibilidade da plataforma, antes do assentamento da via.



- Montagem de postes:

Os postes variam, em função dos equipamentos que irão suportar, nesta medida haverá que confirmar o tipo de poste, no momento da sua montagem.

Pelas suas dimensões, os postes são movimentados com grua. No caso de maciços com carote, os postes são colocados no negativo, sendo efectuadas as medições da contraflecha e implantação, antes de serem selados definitivamente no maciço (Figura 3-21).



Figura 3-21 - Montagem do poste [35]

Os postes com base são geralmente montados sobre obras de arte, ou maciços cilíndricos, sendo o seu posicionamento acertado com os pernos de espera, e nivelados com os sistemas de porcas de contraporcas utilizados na fixação destas estruturas.

- Montagem de cabo de terra, feeders e amarrações:

A montagem do cabo de terra, geralmente em alumínio-aço, efectua-se do lado do campo (face do poste oposta à via), sendo o cabo suspenso por pinça nos postes por onde passa e amarrado nas suas extremidades.

As amarrações efectuam-se de acordo com as montagens definidas em projecto, com recurso a espiamento do poste onde se efectua a amarração. De notar que um lanço de cabo de terra pode atingir distâncias superiores a 4 km.

Os feeders de alimentação e de acompanhamento (em sistemas 2x25kV) são cabos também suspensos sobre os postes. São montados geralmente sobre estruturas de apoio (postaletes ou consolas) que lhes conferem o distanciamento necessário às restantes partes em tensão. Estes cabos requerem igualmente amarrações e espiamentos nas suas extremidades.



Tratando-se o cabo de terra e os feeders de cabos longitudinais colocados sobre os postes, a sua montagem antecede, por razões de operacionalidade a execução das montagens dos apoios, normalmente transversais à via.

A montagem dos cabos em altura, efectua-se com apoio de meios mecânicos de elevação, sendo as bobines de cabos suspensas em cavaletes e movimentadas sobre vagão.

- Montagem de consolas:

A montagem de consolas nos postes executa-se com apoio de meios mecânicos de elevação (Figura 3-22). Tal como na maior parte das actividades de catenária a montagem de consolas inclui uma importante componente de pré-montagem.



Figura 3-22 - Montagem de Consola [35]

- Montagem de pórticos:

As estações são locais onde geralmente existem mais que duas linhas, não sendo possível, em algumas situações, implantar postes isolados. Nestes casos, opta-se por executar pórticos, nos quais se irão apoiar as catenárias das várias linhas existentes na mesma secção.

Os pórticos introduzem maior dificuldade de execução dos trabalhos de catenária uma vez que exigem a interdição total das referidas linhas, sendo portanto uma actividade que influencia o desenvolvimento dos trabalhos.

Os pórticos flexíveis (Figura 3-23) são geralmente constituídos por 3 cabos montados transversalmente às vias e amarrados nos postes. O funicular



sistem mecanicamente o conjunto. Por baixo, temos a transversal superior (TS), ligada mecanicamente por pêndulos ao funicular e à transversal inferior (TI). a TS tem a função de apoiar mecanicamente o cabo de suporte. Na TI estão instalados os apoios nos quais se fixa o fio de contacto.

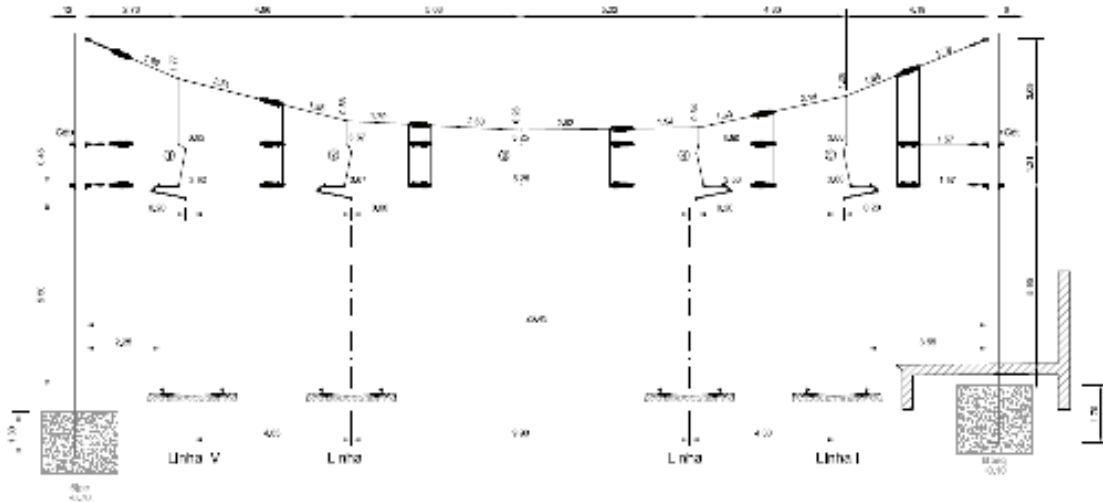


Figura 3-23 - Pórtico flexível para 4 vias [34]

Existem soluções de pórticos rígidos (Figura 3-24) para velocidades superiores a 200km/h, em que as catenárias devem ser independentes. Trata-se de vigas treliçadas, apoiadas pelos postes, nas quais se montam as consolas.



Figura 3-24 - Pórtico rígido [35]

A montagem de um pórtico rígido requer apoio de guias, para a instalação das vigas. Trata-se de uma operação mais complexa, cuja montagem também é manual.



- Desbobinagem de catenária e amarrações:

A catenária para 25kV utilizada em Portugal é composta pelo cabo de suporte em bronze (CS), pelo fio de contacto (FC) em cobre e pelos pêndulos em bronze que asseguram mecanicamente a ligação entre o CS e o FC.

Cada lanço de catenária tem em média 1400m, sendo os cabos compensados mecanicamente nas suas extremidades. Os aparelhos tensores asseguram a compensação automática dos cabos nas suas amarrações. Estas amarrações são igualmente espiadas. A meia distância é executado uma amarração do apoio da catenária, designada de ponto fixo ou antideslizamento. Este dispositivo mecânico impede o movimento longitudinal do lanço de catenária.

Assim, sempre que um lanço tenha um comprimento inferior a 750 m, efectua-se uma amarração fixa numa extremidade e uma amarração compensada na outra.

A desbobinagem da catenária efectua-se com uma plataforma de desbobinagem, que permite o lançamento dos cabos com uma tensão inicial nos cabos próxima da tensão mecânica de serviço. A desbobinagem pode ser efectuada isoladamente para o CS e para o FC, ou em simultâneo.

Esta actividade, tal como a montagem de feeders, têm um risco associado cada vez mais generalizado, nas obras de electrificação e que passa pelo roubo dos cabos, em virtude do valor crescente do cobre no mercado.

Os custos de segurança são consideráveis e devem ser orçamentados, tendo presente a extensão das obras e o tempo que decorre em regra entre a aplicação dos cabos e a entrada ao serviço das instalações.

- Pendulagem e regulação:

Os pêndulos são os tirantes que transmitem ao CS, o peso do FC. Além desta função mecânica, os pêndulos são condutores. Mas a sua principal função, reside em assegurar que o FC mantém a sua altura ao longo do lanço (Figura 3-25).

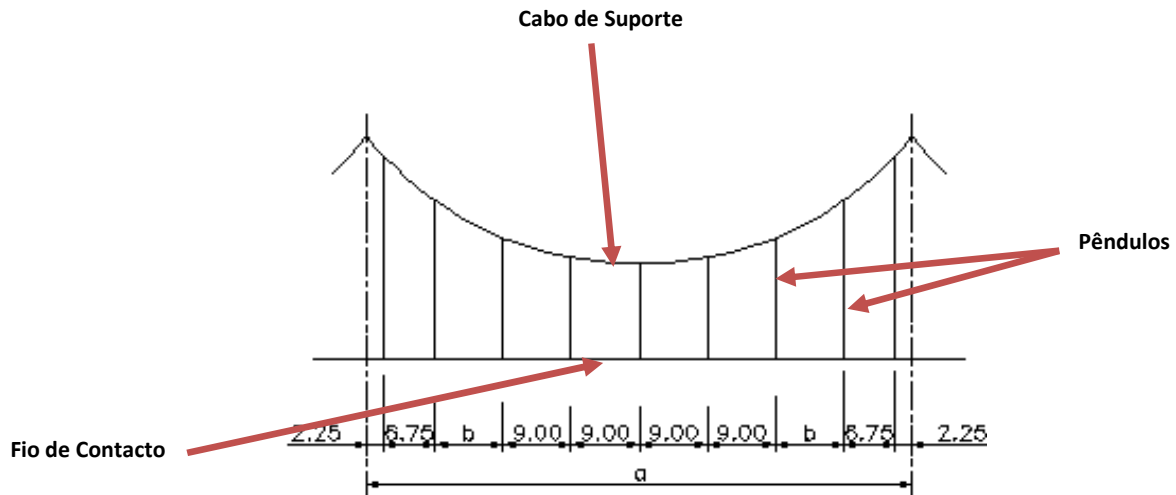


Figura 3-25 - Vão de Catenária

Os pêndulos são calculados em obra, pois o projecto não inclui estes elementos. Este cálculo é efectuado vão a vão para cada lanço, do qual resultam os comprimentos necessários a cada pêndulo.

Estes são executados em estaleiro e instalados após a desbobinagem e a amarração da catenária.

A regulação da catenária inicia-se com a regulação dos aparelhos tensores, com a rectificação das cotas x e y , de acordo com as tabelas de regulação, efectuando-se o equilíbrio das tensões mecânicas nos cabos (CS e FC). De seguida será necessário regular os apoios, com a verificação do desalinhamento e altura do FC e alinhar a pendulagem.

- Montagem de aparelhagem eléctrica (Figura 3-26):

Os sistemas de catenária incluem um conjunto de equipamentos de corte de tensão (seccionadores, interruptores e disjuntores) e de transformadores, associados às necessidades de exploração da rede. Nos troços renovados, estes equipamentos são telecomandados, facto que permite a sua operação a partir de centros de comando, agilizando a gestão da rede.



Figura 3-26 - Montagem de Seccionadores [35]

Com excepção dos disjuntores, normalmente associados a postos de catenária, a restante aparelhagem eléctrica inclui-se no âmbito dos trabalhos de catenária, sendo os respectivos ensaios de funcionamento, parte integrante da verificação final da catenária.

- Montagem de isoladores de secção:

Os isoladores de secção servem igualmente as necessidades de exploração, na medida em que isolam partes da catenária. A sua montagem efectua-se associada aos aparelhos de via, para linhas ou conjuntos de linhas.

A sua montagem efectua-se sobre a catenária, após a desbobinagem e pendulagem. Trata-se de um equipamento que requer uma regulação exigente, pois apresenta pontos de descontinuidade do FC, que não se podem reflectir à passagem do pantógrafo.

- Acabamentos e verificações finais:

Os trabalhos de acabamentos incluem a execução dos dados na base dos postes. Os dados evitam, pela sua forma em cabeça de diamante e com a pintura com material isolante que, a infiltração de água no maciço e na base encastrada do poste.

Para não quebrarem ou fendilharem, os dados só devem ser efectuados após o lançamento e regulação da catenária, tendo presente que o poste foi montado com uma contraflecha inicial e que uma vez sujeito à solicitação dos esforços a que foi dimensionado, se deslocará para a sua posição definitiva.



As verificações finais são efectuadas ao nível do FC (Figura 3-27), visto que este representa o ponto de contacto com o patim (pantógrafo), pelo que não poderá apresentar defeitos e deverá manter-se linearmente constante ao longo do lanço. São também confirmadas as cotas (altura e desalinhamento), nos apoios.



Figura 3-27 - verificação do desalinhamento [35]

Estas verificações finais permitem corrigir eventuais deficiências antes das inspecções por parte do Gestor da Infraestrutura, para a entrada ao serviço das instalações.

No quadro A-3 do Anexo A, indica-se as equipas tipo e rendimentos, geralmente associadas a cada uma das actividades de construção da catenária. Não foram consideradas as varas de terra, visto que o número depende das condições existentes no local.

As cargas de mão-de-obra e de equipamentos, bem como os rendimentos apresentados são apenas uma referência. A quantidade e constituição das equipas a alocar a uma determinada obra, depende da optimização dos recursos que resulta da preparação e do planeamento da obra.





4. PLANEAMENTO E PREPARAÇÃO DO TRABALHO

Se a optimização de recursos na construção constitui a chave do sucesso de uma empreitada, deve-o certamente à capacidade de planear e preparar o trabalho.

Esta é uma fase crucial no desenvolvimento de uma obra de construção, que nem sempre se efectua nas melhores condições. A prática corrente, tendo presente a rentabilidade dos recursos, é que a equipa de produção se familiarize com todo o processo, assim que é comunicada a intenção de adjudicação por parte do Cliente.

Nesta fase, o processo desencadeia-se numa espiral de problemas por resolver, muitos deles de índole burocrática que reduzem substancialmente a possibilidade de efectuar uma análise eficaz das peças de projecto.

No entanto, os construtores detêm um trunfo que bem aplicado lhes pode minimizar os efeitos negativos acima referidos. Este trunfo reside na qualidade técnica das suas propostas, como resultado de estudo aprofundado e garantia de uma solução construtiva exequível.

Devem ser portanto asseguradas as sinergias que permitam uma transmissão da informação entre os elementos intervenientes em cada uma das fases.

4.1. Elaboração de Propostas

Compete ao departamento comercial a elaboração/coordenação da proposta tendo presente o objectivo primordial, de apresentar a melhor proposta técnica ao melhor preço. Só desta forma se poderá posicionar bem, no mercado extremamente concorrencial que é o sector da construção.

De realçar, que todas as propostas são sujeitas a avaliação por parte do Cliente, por força das exigências legislativas comunitárias e nacionais e em conformidade com os critérios da concorrência, da transparência e do livre acesso.

Estas leis determinam que os critérios de avaliação devem ser tornados públicos e incluídos nos elementos de concurso. Os critérios de avaliação são em regra os seguintes [32]: i) Preço (50%); ii) Qualidade Técnica (35%), onde se inclui a



Memória Descritiva e o Plano de Trabalhos; iii) Planos de Gestão da Qualidade, Segurança e Ambiente (15%).

Estas condições conduziram, por seu turno, à sistematização dos procedimentos de avaliação, de forma a otimizar e simplificar os processos de avaliação e de decisão. Este facto justifica a necessidade de elaborar o seguinte conjunto de documentos que instruem a proposta [32]:

- Declaração com indicação do preço contratual;
- Nota justificativa do preço proposto;
- Lista de preços unitários e o mapa de quantidades de trabalho;
- Plano de trabalhos, incluindo: Faseamento da obra; Plano de equipamentos; Plano de Mão-de-obra; Plano de pagamentos;
- Memória descritiva e justificativa do modo de execução da obra;
- Nota técnica sobre a gestão da segurança e saúde no trabalho;
- Nota técnica sobre a gestão ambiental da obra;
- Nota técnica sobre a gestão da qualidade em obra.

As propostas são elaboradas baseados nos elementos patenteados a concurso, sendo penalizadas, sempre que não respeitarem as suas orientações. Este é um factor que limita a actividade de quem elabora uma proposta.

Verifica-se ser comum a existência de elementos incluídos nos processos de concurso que incorrem em contradição ou estão incorrectos, facto que se continua a verificar após as respostas aos pedidos de esclarecimento (ponto 4.2.2).

Na generalidade, trata-se de pormenores com efeito residual, mas também ocorrem situações em que o faseamento construtivo, ou as regras de circulação não foram negociadas entre o gestor da infraestrutura (REFER) e os operadores (CP, Fertagus, etc.). Trata-se de erros que podem conduzir a propostas totalmente desencontradas com a realidade.

No âmbito deste trabalho e pela sua influência na fase de produção (execução da obra), a análise aprofundada da elaboração de propostas incide nas seguintes etapas:



4.1.1. Análise dos elementos de concurso

A análise dos elementos patenteados a concurso é essencial para bem entender a obra. Obra para a qual se está a preparar a proposta, na perspectiva da sua posterior execução.

O projecto de execução é o mais determinante de todos os elementos que incluem um procedimento de concurso, cuja omissão, ou parte dele, pode ditar que um concurso seja dado como nulo. Excepção é feita, nos casos em que a concepção cabe ao Adjudicatário.

A melhor forma de dar a entender a importância do projecto de execução é enumerar as peças que o constituem. A Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de Julho aprova o conteúdo obrigatório do projecto de execução, bem como os procedimentos e normas a adoptar na elaboração e faseamento de projectos de obras públicas.

- O ponto 2 do artigo 7.º da referida portaria lista os elementos que constituem o projecto de execução, entre os quais:
 - a. Memória descritiva e justificativa;
 - b. Cálculos;
 - c. Medições e mapas de quantidade de trabalhos;
 - d. Orçamento baseado nas quantidades e qualidades de trabalho constantes das medições;
 - e. Peças desenhadas necessários à perfeita compreensão, implantação e execução da obra;
 - f. Condições técnicas, gerais e especiais, do caderno de encargos.

- O ponto 4 do artigo 89.º (Secção V) determina a especificidade dos projectos de Caminhos de Ferro:
 - a. Subsecção I — Via-férrea;
 - b. Subsecção II — Catenária;
 - c. Subsecção III — Faseamento construtivo.

Via-férrea (Artigo 94.º):

- a. Planta parcelar, nas escalas de 1:1.000, num sistema de coordenadas ligado à rede geodésica do país;



- b. Traçado em planta da solução adoptada, para plena via e estações, sobre base cartográfica à escala 1:1.000, incluindo o traçado dos restabelecimentos da rede viária afectada, com todos os elementos de directriz coordenados e referidos à rede geodésica do país;
- c. Perfil longitudinal correspondente à solução adoptada na mesma escala do traçado em planta para os comprimentos e dez vezes para as alturas, onde conste a localização das obras de arte, devendo as cotas estar referidas à rede geodésica do país;
- d. Perfil ou perfis transversais tipo na escala 1:50;
- m. Material de superestrutura de via;
- n. Malha de apoio topográfico.

Catenária (Artigo 100.º):

- b. Definição sobre a cartografia de todos os elementos definidores das instalações fixas de tracção eléctrica;
- c. Definição pormenorizada de todos os equipamentos utilizados de acordo com as normas e especificações constantes do Programa Preliminar;
- f. Listagem completa das peças constituintes da catenária.

Faseamento Construtivo (Artigo 106.º):

Relativamente ao faseamento construtivo, transcreve-se integralmente o Artigo 106.º, pela sua enorme importância e que por tantas vezes é descurado.

“É elemento especial do projecto de execução a descrição do faseamento construtivo incluindo todos os projectos e estudos complementares e acessórios necessários à implementação do projecto, desde a situação inicial à situação final, de acordo com os condicionalismos estabelecidos.”

Desta forma, o projecto de execução, após revisão por entidade independente, contém todos os elementos necessários para bem entender o que irá ser construído, bem como a forma como foram estruturadas todas as etapas para essa construção.



O projecto de execução é, na maioria das obras ferroviárias realizadas na rede convencional, da responsabilidade do Dono da Obra (D.O.), mas são os Projectistas que elaboram o projecto, tendo por base o programa preliminar.

De acordo com a Portaria 701-H/2008, o programa preliminar é um documento fornecido pelo Dono da Obra ao Projectista para definição dos objectivos, características orgânicas e funcionais e condicionamentos financeiros da obra, bem como dos respectivos custos e prazos de execução a observar.

O D.O. é igualmente responsável pela elaboração do Caderno de Encargos (C.E.), no qual define as cláusulas pelas quais se devem reger a empreitada.

A Portaria n.º 959/2009 de 21 de Agosto aprova o formulário de C.E., que embora sem carácter vinculativo, pode servir de base aos procedimentos de formação de contratos de empreitada de obras públicas.

- As obras de Caminhos de Ferro compreendem entre outras, as seguintes cláusulas:
 - Disposições gerais;
 - Objecto, preço base e regime da empreitada;
 - Descrição geral dos trabalhos;
 - Medição de trabalhos e pagamentos ao empreiteiro;
 - Preparação e planeamento dos trabalhos;
 - Regras de circulação;
 - Consignação da obra;
 - Prazos de execução;
 - Director de obra, fiscalização e controlo;
 - Sistema de gestão da qualidade;
 - Condições gerais de execução da empreitada;
 - Subempreiteiros;
 - Pessoal;
 - Instalações, equipamentos e obras auxiliares;
 - Materiais e elementos de construção;
 - Regulamentos especiais a observar na execução da empreitada;
 - Suspensão dos trabalhos e conservação da obra;
 - Recepção e liquidação da obra;
 - Segurança;



- Sistema de gestão ambiental;
- Desenhos, pormenores de execução e documentação a apresentar pelo adjudicatário.

Por último e não menos importante, o Mapa de Quantidades de Trabalho (MQT) corresponde a uma lista completa de todas as espécies de trabalhos necessárias à execução da obra a realizar.

O D.O. deve assegurar a apresentação dos critérios de medição e valorização de cada um dos trabalhos incluídos no MQT, tendo por objectivo a clarificação da natureza destes trabalhos. Tal situação torna-se pertinente, quando se constata que um certo trabalho listado no MQT corresponde a uma complexa sequência de operações.

- A título de exemplo, um dos trabalhos de via-férrea mais corrente é o assentamento de via, que inclui as seguintes actividades [32]:
 - Transporte, descarga, armazenamento provisório e montagem de todos os elementos constituintes da superestrutura da via, com excepção do balastro, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
 - Regularização da plataforma se necessário;
 - Lubrificação das barretas de ligação e dos parafusos das juntas, quando existam;
 - Corte a oxiacetileno ou por outros meios aceites pela REFER/Fiscalização, onde for necessário para a realização dos trabalhos;
 - Cortes e furações necessários ao fecho da via, bem como à colocação de “Cs” de ligação;
 - Colocação de fechos mistos, quando necessário;
 - Colocação de fiadores de continuidade temporários, se necessário;
 - Os ataques de enchimento necessários para colocar a via à cota - 20mm, em relação à rasante de projecto, incluindo estabilização dinâmica e optimização de traçado, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
 - Regularização do balastro, após cada operação de descarga;
 - Limpeza do balastro remanescente, na zona do carril e fixações, pedais de via e balizas de CONVEL, após cada operação de descarga;



- Regularização de barras, em ambas as filas, segundo as especificações da Nt4/B, e Condições Técnicas de Via;
- A alteração do espaçamento das travessas, que será até 67 cm, na zona das balizas variáveis do sistema CONVEX, por forma a que as mesmas possam ser retiradas sem necessidade de remoção do balastro;
- Limpeza e remoção a vazadouro de todos os produtos sobrantes,
- O fornecimento e montagem de sinais provisórios e definitivos da velocidade máxima permitida às circulações, no sentido normal da circulação e contravia;
- A colocação do “A” de apeadeiro e do “S” de silvar, em número de 4 por apeadeiro;
- Auscultação ultra-sónica da totalidade dos carris, após o ataque definitivo, conforme previsto em Condições Técnicas de Via;
- Todos os trabalhos de topografia, necessários à materialização do projecto, incluindo o fornecimento e colocação dos suportes de piquetagem provisória;
- O adjudicatário obriga-se a cumprir todos os procedimentos constantes das Condições Técnicas de Via, considerando-se os mesmos incluídos neste preço.

O MQT é, a par do Plano de Trabalhos (PT) e das condições técnicas, um elemento aplicação fundamental, quer na fase de concurso, quer na fase de execução em obra. Na fase de concurso, o MQT contém os elementos pelos quais será avaliado o critério preço.

Em obra, o MQT constitui uma ferramenta que permite monitorizar a sua evolução, assim como é o meio de determinar as variações do valor total da empreitada, em função dos trabalhos a mais e/ou a menos.



4.1.2. Esclarecimentos e processo de Erros e Omissões

Face à quantidade e complexidade dos elementos incluídos no procedimento de concurso, a análise referida anteriormente pode determinar a existência, quer de erros, quer de omissões ou inclusivamente contradições, sem as quais não seja possível, entre outros:

- Quantificar e valorizar determinados trabalhos incluídos no MQT;
- Enquadrar determinado conjunto de trabalhos no plano de trabalhos;
- Determinar com exactidão o tipo de material a aplicar em situações concretas;
- Entender os períodos disponibilizados para a realização dos trabalhos em interdição e/ou corte de tensão;
- Compreender o projecto de execução.

Por experiência, os esclarecimentos prestados pelo D.O., nem sempre conduzem à clarificação das dúvidas levantadas.

Estes factos comprometem a elaboração de um processo de erros e omissões, sempre que estejam em causa dificuldades relacionadas com a clarificação de critérios de medição ou omissão de peças de projecto.

De realçar que o processo de erros e omissões, passou por exigência do CCP, a fazer parte do processo de concurso, cabendo assim aos concorrentes a responsabilidade pela revisão das quantidades listadas no MQT. Mantém-se a salvaguarda dos erros e omissões detectados durante a execução da obra, cuja detecção não era possível na fase de concurso.

Os concorrentes devem, desta forma, apresentar as listagens, quer os erros de medição detectados, quer eventuais omissões não identificadas pelo D.O./Projectista, devendo este pronunciar-se pela sua aceitação ou rejeição.

Embora possa parecer desenquadrado com o tema do estudo, todos esses elementos são determinantes para os objectivos traçados, na medida em que sem uma clarificação total dos elementos disponibilizados e das quantidades reais de trabalho, não poderá ser alcançado um planeamento sustentado, onde sejam realmente otimizados todos os recursos utilizados na produção.



4.1.3. Plano de Trabalhos

O PT é um elemento de inclusão obrigatória nas propostas submetidas a concurso, bem como um elemento indispensável no acompanhamento e monitorização do progresso da obra.

O PT, apresentado normalmente por diagrama de barras, permite avaliar temporalmente o desenvolvimento dos trabalhos.

Tendo presente a evolução dos programas que desenvolvem estas ferramentas, é possível sobrepor ao PT, os meios humanos (mão-de-obra), os equipamentos, o cronograma financeiro, bem como, definir o plano de aprovisionamento de materiais, entre outras muitas aplicações.

Apesar da simplificação dos meios informáticos, a elaboração do PT exige ainda grande disponibilidade por parte de quem nele intervém.

- Identificar as possíveis condicionantes:

A análise dos elementos apresentados no concurso é determinante para a elaboração do PT, na medida em que resulta desta metodologia a identificação das seguintes condicionantes ao desenvolvimento do PT:

- Existência de elementos vinculativos;
- As regras de circulação;
- As estações, linhas de resguardo, linhas de estacionamento;
- Acesso dos equipamentos e comboios de serviço;
- Existência de outras empreitadas em execução no mesmo espaço.

Os elementos vinculativos acima referidos, são entre outros:

- A data de consignação e/ou datas de consignações parciais;
- O prazo final e/ou prazos parciais;
- O faseamento construtivo;
- Datas de início e fim de actividades.

As regras de circulação descrevem o regime de exploração existente nas linhas de Caminhos de Ferro a intervir. O caso mais favorável para o desenvolvimento dos trabalhos é a suspensão total da circulação.



O D.O. pode também decidir executar a intervenção por troços, com recurso a Vias Únicas Permanentes (VUP), nas quais uma das linhas (Ascendente ou Descendente) está operacional nos dois sentidos (sentido normal de circulação e em contravia), enquanto a outra via está a ser intervencionada (Figura 4-1).



Figura 4-1 - VUP na Linha do Norte [35]

Em linhas em exploração, o C.E. deve definir com rigor os limites dos troços em que se pode trabalhar, identificando os respectivos períodos de interdição e cortes de tensão (no caso das linhas electrificadas).

O conhecimento dos diagramas das estações durante as diferentes fases da obra, é essencial à gestão dos equipamentos e comboios de serviço, uma vez que se torna indispensável assegurar linhas de resguardo e/ou estacionamento dos equipamentos, bem como assegurar o acesso às linhas interditas, por parte dos comboios de serviço.

A prática corrente de construção de Caminhos de Ferro em Portugal, são o tipo de empreitadas que incluem todas as especialidades, com excepção da sinalização e telecomunicações, que normalmente correspondem a diferentes empreitadas, na maior parte das vezes com limites geográficos igualmente diferentes.

Cabe ao D.O. a coordenação entre as diferentes empreitadas que nem sempre se regem por uma estratégia comum.



- Coordenação com outras especialidades

O PT requer ao nível da preparação da proposta, um claro entendimento entre as diferentes especialidades envolvidas na sua elaboração, assim como exige uma definição prévia de princípios, um acompanhamento regular e o fecho consensual.

Na definição prévia de princípios devem ser:

- Identificados os constrangimentos globais da obra;
- Enunciados os impedimentos particulares de cada especialidade;
- Acordadas as ligações entre as especialidades, por exemplo a via-férrea começa após a conclusão da plataforma.

O acompanhamento regular permite:

- Solucionar as situações de conflito;
- Agilizar o progresso dos trabalhos.

No fecho são efectuados os últimos acertos e ligações entre especialidades com vista à optimização total do PT.

- Faseamento construtivo

Conforme foi referido, o faseamento construtivo é parte integrante do projecto de execução. Veja-se o caso específico de uma Estação (Figura 0-3 – Anexo B), na qual existem várias linhas, cuja renovação não deve inviabilizar a circulação dos comboios.

Assim, a renovação das linhas deve ser efectuada por fases (por linha ou conjunto de linhas), criando percursos alternativos, por vezes provisórios, que desviem os comboios por outras linhas.

E se juntarmos à renovação da via-férrea, a necessidade de garantir a alimentação eléctrica (no caso de linhas electrificadas) em todas fases, a renovação das plataformas de passageiros, a construção de acessos desnivelados para um lado do outro das vias, etc., verificaremos que o faseamento construtivo assumirá uma dimensão maior.



Tendo presente que a maioria das empreitadas de construção de linhas de Caminhos de Ferro, incluem mais que uma estação, bem como os troços de linhas compreendidos entre essas estações, a complexidade do faseamento construtivo aumenta exponencialmente.

- Desenvolvimento do Plano de Trabalhos

O PT desenvolve-se a vários níveis. Num primeiro nível e caso não esteja pré-definido, procura-se representar dentro do PT a estrutura que melhor espelha o faseamento construtivo.

No segundo nível e por especialidade, efectua-se a distribuição das diferentes frentes de trabalho, tendo presente a natural sequência de actividades nessas frentes, a sua afectação no espaço e no tempo, bem como a ligação com as restantes especialidades.

A sequência das actividades corresponde a um novo nível de pormenorização e detalhe, onde se introduzem factores de optimização das actividades, tais como, o plano de aprovisionamento dos materiais de via e a sincronização das equipas de catenária. Os rendimentos resultam das quantidades de trabalho e da duração de actividades.

O elemento mais pequeno desta cadeia é a actividade. No anexo A, constam as equipas tipo e rendimentos para cada actividade.

Terminada esta fase decrescente de organização do PT, inicia-se em sentido inverso a fase de optimização do detalhe, atendendo à necessidade de não alterar o esqueleto estabelecido anteriormente.

Trata-se pois de uma fase de tentativa e erro, dos quais resultam sempre avanços e retrocessos, o que realça a necessidade de criar um acompanhamento eficaz ao nível da coordenação entre especialidades, pois esta é a altura de gerir conflitos e encontrar soluções e compromissos.

O caminho crítico representa o elo que liga do início ao fim da obra, um conjunto de actividades sem folga, cuja derrapagem condiciona o desenvolvimento da obra. Sobre estas actividades incide o controlo do desenvolvimento dos trabalhos. Este caminho crítico deve ser traçado assim que o PT apresentar maior rigor.



Atendendo a que o novo enquadramento legislativo (CCP) vem restringir as possibilidades de alteração do PT, entre as fases de elaboração de proposta e de execução da obra, com os pressupostos de procurar não alterar as regras de concorrência e transparência. Deve a organização estabelecer compromissos, para que o trabalho de uns não comprometa o trabalho dos outros.

Desta forma, o PT elaborado durante a fase de concurso deve representar uma boa opção técnica com vista a obter boa avaliação. Este objectivo não deve comprometer a liberdade de efectuar, em obra, os ajustamentos necessários à maximização dos recursos.

Infelizmente, não sempre é possível coordenar a fase elaboração de propostas com a fase de execução da obra, na medida a que correspondem a processos conduzidos por diferentes intervenientes em períodos de tempo distintos.

É pois fundamental que todos conheçam a forma como se executam os trabalhos da especialidade em que estão a intervir, sendo uma mais-valia, compreenderem os aspectos mais relevantes das restantes actividades, com os quais interagem.

- Diagrama Espaço-Tempo

O diagrama espaço-tempo (Figura 0-4 - Anexo B) é um instrumento de planeamento complementar ao plano de trabalhos, pois permite visualizar no espaço o sentido dos trabalhos bem como a existência de pontos de conflito entre diferentes especialidades.

Em empreitadas que se prolongam no tempo, a análise de um diagrama de barras perde a qualidade, quando desdobradas as actividades, facto pelo qual o diagrama espaço-tempo se torna indispensável.



4.2. Execução da Obra

A proposta representa, como se tornou evidente, o resultado de um imenso trabalho, nem sempre valorizado por quem tem a seu cargo a execução e a condução da obra adjudicada.

Uma das razões para que se verifique uma clivagem, entre quem executa a obra e quem prepara a proposta, prende-se essencialmente com a dificuldade em entender de parte a parte a natureza e o enquadramento de ambas as tarefas.

A elaboração de propostas obedece a regras que a tornam num elemento estático, o que contraria a génese dinâmica da execução da obra.

Executar a obra, representa uma complexa teia de compromissos, entre os quais:

- Cumprir um contrato balizado pelos elementos transmitidos pelo Cliente (C.E. e P.E.) e pela proposta apresentada:
 - Garantia a boa execução da obra;
 - Cumprimentos dos prazos;
 - Segurança das condições de trabalho.
- Assegurar os resultados estimados pela organização:
 - Rentabilidade dos recursos;
 - Contenção dos custos;
 - Facturação dos trabalhos

Estes objectivos não serão certamente alcançados sem um planeamento e preparação minuciosa dos trabalhos, independentemente da complexidade técnica da empreitada.

Neste contexto, a informação transmitida pela equipa que elaborou a proposta é extremamente relevante para quem irá executar a obra, pois poderá permitir reduzir em grande escala, o tempo necessário de adaptação aos elementos contratuais.

É essencial que quem desenvolve a proposta entenda que o seu trabalho não termina com a fase de concurso, e que a qualidade dos elementos produzidos e reunidos serão ferramentas de suporte à execução futura da obra. Esta etapa pode constituir uma importante redução de custos para a organização.



A experiência, o conhecimento das actividades, do desenvolvimento dos processos construtivos associados a cada uma das especialidades em estudo (via e catenária), é fundamental para levar por diante um objectivo tão ambicioso como é a condução de uma obra de via e catenária. A aprendizagem é contínua e não deve estancar, pois a evolução tecnológica assim o exige.

A gestão em obra do PT e do MQT determina a eficácia da sua execução e da optimização dos recursos:

- i) Materiais;
- ii) Mão-de-obra;
- iii) Equipamentos, afectos à construção.

Será igualmente determinante realizar um retorno da informação resultante da execução da obra para quem elaborou a proposta. Este procedimento poderá constituir enormes vantagens, entre as quais:

- Entender os aspectos positivos e negativos da proposta apresentada, tendo presente a melhoria contínua;
- Entender as condições de execução dos trabalhos em obra, omissas ou alteradas face aos elementos de concurso;
- Acompanhar a evolução tecnológica;
- Conhecer os custos reais, face aos custos estimados, melhorando igualmente o poder negocial em futuras propostas;
- Maior envolvimento em todo o processo.





5. OPTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NA CONSTRUÇÃO DE VIA E DE CATENÁRIA

Nesta fase do estudo compreende-se a relevância que, a optimização dos recursos afectos à construção da via e catenária representa, no sucesso da condução dos trabalhos e dos objectivos globais da organização.

Esta optimização é um processo contínuo que compreende quatro fases:

- **Elaboração da Proposta** – A necessidade de incluir na proposta um PT detalhado com os respectivos planos de equipamentos e de mão-de-obra, exige o estudo detalhado da futura obra. O estudo também tem presente a melhor adequação dos recursos às condicionantes apresentadas pelo Cliente, nos elementos de concurso.
- **Elaboração da Proposta/Execução da Obra** – A informação é um recurso que não deve ser desaproveitado. A passagem da informação permite rentabilizar o estudo efectuado durante a fase anterior (proposta) e deste modo reduzir a fase de adaptação e preparação da obra.

Será viável assegurar uma espécie de acompanhamento técnico da componente comercial, durante a realização da obra, da mesma forma que o projectista assegura a assistência técnica ao cliente?

- **Execução da Obra** – A concretização dos objectivos externos (Cliente) e internos (Organização), exige a racionalização das suas componentes: i) Administrativa; ii) Financeira; iii) Produtiva. A optimização dos recursos insere-se nas competências da produção.
- **Execução da Obra/Elaboração de Propostas** – Reiterando a importância da informação, verifica-se que o retorno dos resultados concretizados na obra, podem melhorar o sucesso de novas propostas, tendo presente a avaliação dos possíveis desvios com a solução estimada na proposta.

Os trabalhos de via e de catenária utilizam nas suas actividades de construção, os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos. Os respectivos custos somados aos custos fixos de estaleiro são utilizados para orçamentar os custos industriais. O custo final de venda incorpora ainda os encargos de estrutura e as margens de lucro.



No presente capítulo, o estudo incidirá sobre a via balastrada, que representa a generalidade das linhas existentes na rede ferroviária portuguesa. O seu processo construtivo está muito mais banalizado do que o da via em placa.

Este facto reside em parte, no excesso de soluções construtivas para a via em placa, desenvolvidas pelos fabricantes dos materiais, que limitam a sua maior implementação. Justifica-se uma solução que defende maior uniformização dos métodos de construção de via em placa, tendo presente o crescimento da sua importância relativa à via balastrada. De referir que a via balastrada já efectuou este exercício de uniformização de processos há mais tempo.

5.1. Materiais

Nos materiais, reside outra das diferenças substanciais entre a via e a catenária.

A via é composta por carris, travessas, sistemas de fixação e balastro. No caso das obras da REFER, o fornecimento dos materiais de via, à excepção do balastro, é da sua responsabilidade do Dono da Obra.

Pretende desta forma a REFER assegurar:

- A uniformização de tipos de armamento de via na rede;
- A optimização dos contratos de fornecimento destes materiais, geridos por centrais de compras;
- Garantir o controlo da qualidade junto dos fornecedores.

A garantia da qualidade do balastro está assegurada (IT.GEO.001), na medida em que a REFER tem a responsabilidade de homologação das pedreiras que pretendam fornecer o balastro para as suas linhas.

No caso da catenária a realidade é necessariamente diferente, visto que existe um conjunto demasiadamente diversificado de peças, que tornam inviável qualquer aquisição prévia por parte do gestor de qualquer infraestrutura.

No entanto, este reserva por regra a responsabilidade da homologação das peças constantes nos catálogos de peças. Em Portugal, o catálogo de peças da REFER (MT.CAT.003) contém todas as peças aplicáveis às catenárias electrificadas a 25kV 50Hz e a 1500v (Linha de Cascais).



5.1.1. Aprovisionamento e Logística

Pelas razões enunciadas, a abordagem da logística e aprovisionamento dos materiais torna-se necessariamente diferente, para a via e para a catenária.

- Materiais de Via:

A gestão dos materiais de via representa, pelas suas dimensões (carril), pelas suas quantidades (travessas e fixações), pelo seu volume (balastro) e pela sua especificidade (aparelhos de via), um factor determinante na gestão global da construção.

Cada um destes materiais, têm associados factores próprios que não devem ser descurados na preparação do plano de aprovisionamento dos materiais.

— O carril é geralmente fornecido, em barras de 108m ou 144m. O comprimento das barras está logicamente associado ao comprimento útil dos comboios utilizados no transporte das barras.

Os comboios estão, por sua vez, limitados ao comprimento útil das linhas de resguardo existentes na rede, nomeadamente, nos trajectos a realizar entre o Entroncamento - local de aplicação e de regresso ao Entroncamento.

A questão do transporte de carril inclui ainda a limitação do número de barras por comboio. Considera-se aceitável ajustar o planeamento de transporte de carril a uma média de 30 barras de 144m por carga, o que totaliza 4320m de carril, ou seja, 2160m de via, por cada transporte ($4320m \text{ de carril} \times 60,21kg/m \div 1000 = 260,1 \text{ ton}$).

Embora algumas das Empresas detenham os seus meios próprios (comboios de carril), a realidade é que a carga dos comboios depende, entre outros factores, da capacidade de resposta da base do Entroncamento em atender ao universo de solicitações efectuadas.

As condições de descarga do carril representam outra das preocupações de quem planeia e prepara uma obra. Existem actualmente, duas soluções. A primeira consiste na descarga lateral de carril (Figura 5-1), em locais provisórios de armazenamento. A segunda



consiste na descarga longitudinal (Figura 5-2) do carril ao longo da frente de obra.



Figura 5-1 - Comboio com pórticos - Descarga lateral de carril [35]



Figura 5-2 - Comboio Carrileiro - Descarga longitudinal do carril [35]

A segunda solução tem por vantagens a possibilidade de aumentar os rendimentos da montagem de via em osso, na medida em que o carril, pode ser descarregado directamente sobre as travessas, eliminado os tempos intermédios de distribuição de barras ao longo da plataforma e de colocação sobre a travessa.

As limitações desta solução assentam, quer na capacidade de avanço dos trabalhos a montante (distribuição de travessas, colocação da 1ª camada de balastro e frente de plataforma disponibilizada), quer nos custos acrescidos face à descarga lateral.

- As travessas são transportadas por camião. Tendo presente que as travessas de betão monobloco pesam cerca de 300kg/unidade, cada transporte por camião corresponde a cerca de 66 travessas.



Seguindo o raciocínio iniciado para o carril, são necessárias 3600 travessas, por cada comboio de carril ($2160m \text{ de via} \div 0,60 \text{ un/m} = 3600 \text{ un}$), do que resulta a necessidade de efectuar cerca de 55 transportes (camião).

Por estes motivos, torna-se essencial iniciar com devida antecedência o armazenamento em obra, do conjunto de travessas necessário a garantir o ritmo de aplicação de carril estimado, no PT.

Sendo as travessas fornecidas pelo cliente REFER, a sua carga deve ser planeada e comunicada com muita antecedência. A gestão deste material deve ser coordenada a montante com o fabricante de travessas.

O armazenamento em obra depende das condições existentes no local, que devem ser igualmente reflectidas no PT e na proposta.

Sempre que possível, a descarga das travessas efectua-se directamente sobre a plataforma disponibilizada, em locais que não condicionem a colocação da 1ª camada de balastro, nem a execução dos maciços de catenária (situação muito recorrente).

Deve também ser considerada a necessidade de criar áreas de armazenamento com capacidade para muitas travessas. Este facto gera a necessidade de associar mais um transporte ao custo de aplicação da travessa em obra (Figura 5-3 - Aérea de armazenamento [35]).



Figura 5-3 - Aérea de armazenamento [35]



- O balastro também requer a necessidade de áreas de depósito, utilizadas necessariamente para o balastro a ser colocado na 1ª camada, mas igualmente utilizado como reforço da sua capacidade instalada na fase de descarga de balastro por vagão (Figura 5-4 – Depósito de balastro e comboio de balastro).



Figura 5-4 – Depósito de balastro e comboio de balastro [35]

Tendo sempre por referência os 2160m de via associados a um comboio de carril, necessitamos para a primeira camada de balastro de $561,6 \text{ m}^3$ ($2160 \text{ m} \times 0,10 \text{ m de camada} \times 2,60 \text{ m da travessa}$), que correspondem em média a cerca de 786 toneladas considerando $1,40 \text{ ton/m}^3$, o peso específico do balastro.

Tendo presente o empolamento do material (16%), esta quantidade resulta em cerca de 46 transportes ($786 \text{ ton} \times 1,16 \div 20 \text{ ton/camião} \cong 46 \text{ camiões}$).

Embora o fornecimento seja responsabilidade do executante, este depende igualmente de factores externos, tais como a capacidade de resposta das pedreiras.

Este é aliás um dos aspectos que determina a antecedência com que deve ser iniciada a produção do balastro tendo em vista o armazenamento do balastro nas áreas de depósito provisório.

A balastragem, constitui igualmente outro conjunto de factores associados ao aprovisionamento de balastro para a obra, pela necessidade deste balastro ser descarregado por meios ferroviários.



Os vagões balastreiros permitem o transporte de 32m^3 (cerca de 45 ton), podendo um comboio circular com 10 balastreiros pela rede, ou seja 450 toneladas/comboio, equivalendo a 320m^3 de balastro.

Tendo, $2,4\text{m}^3/\text{m}$ como o valor de referência para cada metro de via simples, podendo este variar em via dupla (cerca de $5,2\text{m}^3/\text{m}$) em função do entre-eixo existente entre as duas vias, resulta a necessidade de aplicação de 5184m^3 de balastro nos 2160m de via anteriormente considerados.

Descontados os 562m^3 inicialmente utilizados na 1ª camada, surge a necessidade de transportar por vagão, 4622m^3 de balastro, ou seja, cerca de 14 comboios com 10 balastreiros.

Assim, devem-se ajustar os meios de descarga aos rendimentos das obras, razão que leva à utilização de meios próprios de menor dimensão (1 locotractor e cerca de 5 balastreiros), para acompanhamento do grupo de ataque. Nestes casos, recorre-se aos depósitos de balastro em obra, sendo estes balastreiros carregados com pá carregadora. Este custo deve ser associado ao custo de balastragem.

A utilização de comboios e meios dos operadores externos, justifica-se sempre que as extensões da zona de trabalho, não mobilizem estes meios para além de tempo necessário para a sua descarga, ou como no caso de estações e ligações provisórias, em que seja possível o estacionamento prévio dos vagões balastreiros.

- Os aparelhos de via não foram referidos no capítulo 3, considerando-se a sua montagem incluída no assentamento de via.

Estes também são materiais fornecidos pela REFER, cuja recepção era normalmente efectuada em fábrica, sob condições muito diferentes da sua aplicação em obra e para as quais os fornecedores destes materiais não se responsabilizavam.

Nestas circunstâncias, com a introdução de novos fornecedores, entendeu a REFER por bem, efectuar a recepção dos aparelhos em obra.



Sendo os aparelhos de via constituídos por travessas, fixações e carril, o seu transporte é normalmente repartido, sendo, o ferro transportado por meios ferroviários e as travessas com fixações, transportadas por meios rodoviários. Este transporte depende unicamente da disponibilização do material pelo fabricante.

O que determina então a especificidade dos aparelhos de via é a necessidade da pré-montagem, para efeitos de recepção e de preparação dos trabalhos.

Sempre que não existam condições de montar o aparelho na sua posição definitiva, este deve ser pré-montado na sua proximidade, sendo posteriormente ripado para a posição de projecto (Figura 5-5).



Figura 5-5 - Ripagem de aparelho com pórticos de AMV [35]

A prática corrente em grandes obras (alta velocidade), exige a pré-montagem dos aparelhos em bases de montagem, local onde devem ser recepcionados, sendo efectuado posteriormente o seu transporte para a frente de obra. Podem identificar-se as seguintes alternativas:

- Transporte do aparelho de via simples em pórtico ou vagão especial que permita ser transportado conforme está pré-montado;
- Desmontagem integral do aparelho e nova montagem no local de instalação, solução que duplica os custos de assentamento deste material;
- O Transporte por secções (grade da agulha/grade intermédia e grade da cróssima) é uma solução intermédia e viável, dentro da obra.



- Materiais de catenária:

Tendo presente que o fornecimento é da responsabilidade do construtor, exige-se um trabalho prévio de verificação das listas de peças entregues com o P.E.

Conforme referido no ponto 4.2.1, a listagem das peças de catenária, é parte integrante de um projecto de execução de catenária. Estas peças resultam do conjunto de montagens incluídas nos cadernos de montagem.

A título de exemplo, um erro na definição de um cabo, executado sob encomenda, pode inutilizar a sua utilização e atrasar irremediavelmente a execução dos trabalhos. Esta situação pode igualmente ser aplicada a um parafuso, cuja quantidade pode ultrapassar as mil unidades.

De referir, que na qualidade de fornecedor, o construtor suporta o custo integral das peças. Este custo apenas tem retorno com a facturação dos trabalhos que lhes estão associados.

Os materiais de catenária, numa obra de grande dimensão, geram um grande volume de peças a produzir, razão pela qual deve ser planeado e preparado o seu fornecimento.

Alguns materiais, entre os quais como os cabos, os equipamentos eléctricos e os isoladores de secção, têm associados prazos de entrega muito grandes, razão pela qual devem ser asseguradas as suas encomendas atempadamente.

Na generalidade, as dimensões das peças de catenária, com excepção dos postes e das bobines de cabos não se traduzem em problemas de espaço. O seu transporte para as frentes de obra também já está suficientemente mecanizado, podendo ser realizado quer por camiã, quer pelos equipamentos ferroviários disponíveis (dresina ou ferro-camiã).



5.1.2. Pré-montagens

A pré-montagem associada à via é um caso particular de assentamento prévio dos aparelhos de via, de forma assegurar quer a sua recepção por parte do cliente, mas também como trabalho preparatório, sempre que o aparelho não possa ser instalado na sua localização definitiva.

Na catenária, podemos considerar que todos os elementos instalados no terreno, resultam de pré-montagem em oficina e/ou estaleiro.

Mesmo nos postes, sempre que possível, são previamente instaladas as ferragens para fixação das consolas e amarrações (quando aplicáveis), e aplicadas as pinças para cabo de terra. Este trabalho visa reduzir tempos de instalação no local.

À excepção dos postes, todos os equipamentos montados na catenária, são constituídos por conjuntos de peças, designados por montagens. A IT-C-037 da REFER fornece as orientações para o preenchimento dos cadernos de montagem em fase de projecto. Os principais conjuntos de montagens associados à catenária são os seguintes:

- As consolas – Existem muitos tipos de consolas, sendo cada tipo pormenorizada em desenho, onde constam os quadros de peças correspondentes.
- Amarrações – Incluem-se as amarrações compensadas com aparelho tensor incluído, as amarrações fixas, as amarrações de cabo de terra e de feeder, antideslizamento, entre outras.
- Espiamentos – Os espiamentos podem ser normais entre o poste e o maciço de amarração, ou sobrelevado, utilizando um postalite (poste de pequena dimensão) para espiar o poste.
- Pórticos – Os pórticos podem ser rígidos ou flexíveis.
- Feeders – Sendo os feeders montados com uma distância de isolamento relativamente à restante instalação, existem montagens específicas associadas a esta condicionante.
- Aparelhagem eléctrica – As montagens incluem as estruturas de apoio dos equipamentos (seccionadores e transformadores), bem como os dispositivos de ligação e operação (manual ou telecomandados).



- Ligações eléctricas – todas as ligações entre catenárias e ligações aos equipamentos eléctricos.
- Subconjuntos – Existem casos, tais como as estruturas de suporte de seccionador ou uma viga de um pórtico rígido, que apesar de se apresentarem como uma peça na montagem de conjunto em que se apresentam, são por sua vez, compostos de inúmeras outras peças.

A actividade de pré-montagem na catenária deve ser executada por uma equipa própria e experiente, que na oficina assegura as montagens necessárias a instalar na frente de obra, conforme o planeamento previamente definido.

5.2. Equipamentos

Os equipamentos são por regra administrados pelos estaleiros centrais das empresas do sector, sendo os seus custos avaliados em alugueres diários e em deslocações entre este estaleiro e as frentes de obra.

Os equipamentos pesados utilizados na via balastrada representam pela sua componente tecnológica, custos muito elevados. Este é portanto o factor que deve ser racionalizado quando nos referimos à construção da via.

A optimização dos equipamentos de via deve corresponder portanto ao pressuposto da sua maximização em obra, tendo presente:

- Redução do seu tempo de permanência em obra;
- Redução de mobilizações e desmobilizações tendo presentes os custos associados às deslocações.

A maximização da taxa de ocupação dos equipamentos reflecte-se na preparação e planeamento das actividades, bem como no desenvolvimento do plano de trabalhos e respectivo plano de equipamentos.

A título de exemplo, o PT deve assegurar uma continuidade de trabalho entre as diversas frentes identificadas no faseamento global da obra, de modo a que a actividade de ataque mecânico pesado, se efectue sem paragens prolongadas dos equipamentos. Cada paragem representa custos de deslocação, na medida em que são rentabilizados noutras obras.



Esta optimização não condiciona por regra os restantes trabalhos de via, mas pode condicionar negativamente os trabalhos de catenária, na medida em que a pendulagem e regulação da catenária se inicia após a conclusão dos ataques definitivos (via na posição definitiva). Acresce ainda o facto, desta ser a actividade de catenária com menor rendimento e pela qual se efectua o caminho critico.

De realçar que na catenária, a utilização dos equipamentos está normalizada, pois que em regra, está associado a cada equipa um equipamento com plataforma e grua, sendo o ferro-camião mais utilizado em situações em que os trabalhos de electrificação justifiquem mais autonomia (estações ou parques de manutenção e oficinas).

A optimização dos equipamentos de catenária efectua-se portanto, ao nível da utilização da plataforma de desbobinagem, de forma a maximizar a sua utilização em obra. A desbobinagem dos cabos é a actividade com melhores rendimentos diários, uma vez que é realizada por lanços, não devendo ser interrompida.

O PT deve coordenar uma vez mais esta actividade no progresso dos trabalhos de catenária, sem esquecer a via.

5.3. Recursos Humanos

Por último mas não menos importantes estão os recursos humanos. A mão-de-obra é optimizada numa lógica de conjuntos ou grupos, de acordo com categorias profissionais.

Neste domínio, mantém-se a estrutura militar que está na génese da organização das primeiras companhias de caminho de ferro, em que o trabalho manual era a força motora dos trabalhos.

Esta organização assenta na lógica do grupo, enquanto unidade elementar, facto que se justifica pela natureza das actividades. Constata-se que nem uma soldadura aluminotérmica pode ser feita com um único indivíduo.

Deste modo, as organizações contornam todos os conflitos internos que se geram em torno do homem, enquanto indivíduo, portador de identidade e motivação própria. Uma constatação curiosa que ilustra essa realidade é o facto da



habilitação do soldador, emitido pela REFER, ser passada à empresa e não ao trabalhador.

No entanto, em obra, a optimização dos recursos resulta igualmente das práticas de gestão corrente, nas quais se harmonizam aspectos humanos (mobilidade/estadias) em função do seu desempenho e produtividade.

A segurança no trabalho é determinante na gestão dos recursos humanos, quer pela aplicação da legislação, quer pela necessidade de preservar a vida dos trabalhadores. No caso da catenária, em virtude dos riscos de electrificação, as condições de segurança são um factor que pode inviabilizar a execução de um determinado trabalho.

Tendo presentes os quadros apresentados no Anexo A, parece ser oportuno realçar que:

- Dificilmente se efectua uma obra complexa com apenas uma equipa tipo para cada especialidade.
- O número de equipas e a aferição da sua composição são aspectos que variam em função das condicionantes da obra e dos rendimentos estimados, devendo estar reflectido no plano de trabalhos e no respectivo plano de mão-de-obra.
- O encarregado e a equipa de topografia são recursos incluídos nos encargos de estaleiro, não sendo portanto considerados como custos directos nas actividades. A sua apresentação, tem por intenção associar outras categorias profissionais, assim como, demonstrar as actividades em que a sua presença é mais visível.

Sendo os trabalhos de via e catenária realizados, normalmente em período nocturno, ou em dias de descanso, de modo a minimizar redução do serviço comercial de circulação dos comboios, o respectivo custo da mão-de-obra é acrescido significativamente.

Nos casos em que os trabalho se realizam em vias sem exploração (Vias novas ou em VUP), deve ser ponderada a repartição dos trabalhos pelos períodos diurno e nocturno.





6. CONCLUSÕES

O processo da optimização de recursos na construção de Linhas de Caminho de Ferro, com especial incidência nas especialidades de Via e Catenária, deve assentar no conhecimento:

- i) Do caderno de encargos e do projecto de execução;
- ii) Dos processos construtivos;
- iii) Dos recursos disponíveis;
- iv) Do planeamento e preparação do trabalho;

Concretamente,

- i) O caderno de encargos identifica as variáveis que condicionam a execução da obra:
 - O prazo (ou prazos parciais) vinculativo;
 - A consignação (ou consignações parciais), dependentes do processo de expropriações;
 - As regras de circulação, que identificam os períodos de interdição e de cortes de tensão (para linhas electrificadas), bem como os limites (estações) em que se aplicam;
 - Recepções (provisória e definitiva).

O projecto de execução define a natureza dos diferentes trabalhos a realizar:

- Peças escritas e desenhadas;
 - Os mapas de quantidades de trabalho;
 - O faseamento construtivo, associado a renovações de linhas existentes;
 - Os serviços afectados, que cruzam a linha de caminho de ferro e carecem de ser desviados.
- ii) Os processos construtivos incorporam tecnologia e permitem identificar:
 - A sequência de actividades de via e de catenária
 - Os materiais a aplicar nestas actividades;
 - Os equipamentos necessários à realização dos trabalhos;
 - Os meios humanos a afectar nestes processos.



iii) Os recursos disponíveis devem ser avaliados no processo de optimização. Assim, para os materiais deve-se considerar:

- A localização das pedreiras, condições de carga em camião e/ou balastreiro, condições de transporte e de descarga;
- A localização da fábrica de travessas e respectivas condições de carga, transporte e descarga;
- O comprimento dos carris a fornecer, factor do qual dependem as condições de carga, transporte e descarga;
- Os fornecedores de peças de catenária e respectivos prazos de fornecimento.

Os equipamentos são **recursos** que normalmente estão afectos à organização, cuja utilização é determinada:

- Pela natureza dos trabalhos a efectuar (atacadeira de aparelhos);
- Pelos custos de mobilização, operação e desmobilização;
- Pela sua disponibilidade (gestão integrada com outras obras).

Apesar dos avanços tecnológicos, a construção de via e de catenária ainda incorpora muita mão-de-obra que é caracterizada por um índice de especialização elevada:

- Condições em que se efectuam os trabalhos (segurança ferroviária);
- Tecnologia dos materiais e equipamentos de via;
- Diversidade de montagens de catenária.

iv) O planeamento e a preparação do trabalho junta uma avaliação das condições locais de execução da obra aos conhecimentos acima referidos, nomeadamente:

- O local de implantação da obra;
- Os diferentes acessos (entrada nas vias interditas);
- Localização do estaleiro;
- Áreas para depósito de materiais de via (balastro e travessas);
- As linhas de estacionamento de equipamentos;



O planeamento e a preparação efectua-se nas fases de proposta e de obra. Durante a elaboração de propostas, efectua-se:

- Os pedidos de esclarecimentos ao projecto;
- Processo de erros e omissões, sustentado na medição do projecto de execução;
- Plano de trabalhos da empreitada com base nos elementos disponibilizados na fase de concurso;
- Restantes elementos da proposta que também será submetida aos critérios de avaliação.

Durante a execução da obra, efectua-se:

- Análise da proposta;
- Avaliação da necessidade de adaptação do plano de trabalhos da proposta face às condições encontradas em obra;
- Preparação e planeamento de todas as actividades necessárias à boa execução da obra;
- Gestão dos recursos e cumprimento do contrato.

O planeamento estabelece as regras de execução dos trabalhos que irão ser introduzidas no plano de trabalhos, com vista à programação global da obra, nomeadamente:

- Coordenação entre o assentamento de via e o fornecimento de balastro rodoviário, travessas e carril;
- Coordenação entre o ataque mecânico pesado e a descarga de balastro por meios ferroviários;
- Coordenação entre a pré-montagem de conjuntos e a montagem da catenária (consolas, etc.);
- Coordenação entre os maciços e o assentamento de via;
- Coordenação entre o ataque definitivo e a regulação da catenária.

O plano de trabalhos, apresentado normalmente num diagrama de barras e/ou num diagrama de espaço-tempo, representa em etapas diferentes (fases de elaboração de propostas e de execução da obra), a forma como se propõe a execução de uma determinada obra, e deve portanto reflectir entre outros:



- O(s) prazo(s) vinculativo(s);
- O faseamento construtivo e regras de circulação;
- A coordenação com outras especialidades;
- As várias frentes da obra e respectivos trabalhos
- O mapa de quantidades de trabalho e rendimentos;
- O plano de aprovisionamento, incidindo essencialmente sobre os materiais de via e no modo como interferem com o assentamento de via e ataques mecânicos pesados;
- A optimização dos equipamentos, tendo presente a necessidade de assegurar uma elevada taxa de ocupação dos equipamentos pesados de via;
- A optimização da mão-de-obra, realçando a componente manual nas actividades de catenária.

Conforme se demonstrou, o sucesso de uma intervenção deste tipo depende de inúmeras variáveis, destacando-se os seguintes aspectos mais relevantes:

- **Clareza do projecto de execução;**
- **Disponibilização atempada dos materiais, assegurando a logística inerente ao seu transporte e movimentação;**
- **Identificação e desvio dos serviços afectados que podem afectar o progresso dos trabalhos;**
- **Disponibilização de recursos adequados, designadamente meios humanos e materiais.**

Existem igualmente factores imponderáveis que não são controlados e que podem ditar o insucesso dos trabalhos:

- **Condições atmosféricas adversas;**
- **Avaria de um equipamento;**
- **Falha humana.**



LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. Área Departamental de Engenharia – Trabalhos Finais de Mestrado [Em linha]. Lisboa : Adec, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.dec.isel.ipl.pt/mestrados/trabalho-final-mestrado>.
- (2) EUROPEAN RAILWAY AGENCY. Core Activities – Interoperability [Em linha]. France : Era, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.era.europa.eu/core-activities/Inetroperability>.
- (3) GETZNER. Fields – Railway [Em linha]. Alemanha : Producs, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.getzner.com/en/fields/railway/products>.
- (4) RAIL.ONE. Producs - Railways and Commuter Traffic [Em linha]. Alemanha : Ballastless Track Systems, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.railone.com/ar/main-nav/products/railways-and-commuter-traffic/ballastless-track-systems>.
- (5) CDM. Embedded Rail Systems – QTRACK [Em linha]. China : CDM, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.aa-hk.hk/cdm/cdme.htm>.
- (6) EDILON SEDRA. Track Systems [Em linha]. Alemanha : Producs, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.edilonsedra.com/case>.
- (7) INSTITUTO DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES FERROVIARIOS. Transportes Ferroviários – Caminho de Ferro [Em linha]. Lisboa : IMTT, 2011. [Consult. 26, Set. 2011]. Disponível em WWW:URL:<http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/TransportesFerroviarios/CaminhodeFerro/Paginas/CaminhodeFerro>.
- (8) TEIXEIRA, Paulo Fonseca. Curso de Especialização em Alta Velocidade Ferroviária. Bloco 1: Tecnologia de via para a Alta Velocidade - Dimensionamento da sub-estrutura ferroviária de alta velocidade. [2008]. 157 diapositivos. Acessível na Ferrovias, Linda-a-Velha, Portugal.
- (9) FERGRUPO.COMSA. Curso de Especialização em Alta Velocidade Ferroviária. Bloco 1: Tecnologia de via para a Alta Velocidade – Construção de via Rheda 2000 nos Túneis de Guadarrama. [2008]. 33 diapositivos. Acessível na Ferrovias, Linda-a-Velha, Portugal.
- (10) CASAL, Mário Ferreiro - 2º Seminário Técnico – Via em placa vs. balastro. [2011]. [Vários] diapositivos. Acessível na Ferrovias, Linda-a-Velha, Portugal.



- (11) ANES, João. Formação contínua em Catenária – Módulo 1. [2007]. 19 diapositivos. Acessível na Ferrovias, Linda-a-Velha, Portugal.
- (12) [FERROVIAS] – Construção de Infraestrutura Ferroviária. [2005]. 131 diapositivos. Acessível na Ferrovias, Linda-a-Velha, Portugal.
- (13) DIRECTIVA 2008/57/CE de 17 de Junho de 2008. “JOUE”. 45 (2008-07-18) L191.
- (14) DECRETO-LEI nº 278/2009. DR.I Série. 192 (2009-10-02) 7182-7277.
- (15) PORTARIA 701-H/2008. DR.I Série. 145 (2008-07-29) 5106 (36) - (80).
- (16) EN 13674.1.2011 – Aplicações Ferroviárias – Via – Carril – Parte 1: Carril Vignole \geq a 46 kg/m. CEN/TC256.
- (17) Série da EN 13231 – Railway applications. Track - Acceptance of works. CEN/TC256.
- (18) Série da EN 13848 – Railway applications. Track - Track geometry quality. CEN/TC256.
- (19) NP 405.1.1994 – Informação e documentação. IPQ
- (20) NP 405.3.2000 – Informação e documentação – Parte 3: Documentos não publicados. IPQ.
- (21) NP 405.1.1994 – Informação e documentação – Parte 4: Documentos electrónicos. IPQ.
- (22) IET Nº 77.2008 – Normas e Procedimentos de Segurança em Trabalhos na Infra-estrutura Ferroviária. IMTT.
- (23) IT.VIA.018.02.2009 – Tolerância dos parâmetros geométricos da via. REFER.
- (24) IT-GEO-001.03.2008 – Fornecimento de balastro e gravilha. REFER.
- (25) IT.GER.004.01.2004 – Perfis Transversais Tipo em Plena Via, para Via Larga. REFER.
- (26) IT-C-004.2000 – Maciços para postes de catenária. REFER.
- (27) ITC-037.2006 – Preenchimento de cadernos de montagens. REFER.
- (28) MT-CAT-003.2004 – Manual técnico de peças de catenária – Partes: 01, 02, 03 e 04. REFER.
- (29) FERNANDES, António dos Santos; ALVES, Bruno Ferreira; SANTOS, Porfírio Marques - **Seleção de materiais de via, critérios de decisão, opções, análise técnica e económica**. 2004. Acessível na Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, Sintra, Portugal.
- (30) FREIRE, Ana Luísa; VIEIRA, Maria Beatriz; SÁ, Paulo Botelho; SERRANO, Rodolfo Mendes - **Via balastrada face a via não balastrada**. 2004. Acessível na Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, Sintra, Portugal.



- (31) FERNAVE. Lisboa – **Manual de Via**. 2003. Acessível na Ferrovias e Construções, Linda-a-Velha, Portugal.
- (32) REFER. Linha do Norte – Subtroço 1.3 (Setil-Entroncamento) – Trecho Km88 (Mato Miranda) / Entroncamento – Programa de Concurso / Caderno de Encargos / Projecto de Execução e Proposta. Acessível na Ferrovias e Construções, Linda-a-Velha, Portugal.
- (33) REFER. Variante de Alcácer – Projecto de Execução de Catenária. Acessível na Ferrovias e Construções, Linda-a-Velha, Portugal.
- (34) REFER. Estação de Setúbal – Projecto de Execução de Catenária. Acessível na Ferrovias e Construções, Linda-a-Velha, Portugal.
- (35) Arquivo Fotográfico da Ferrovias, Acessível na Ferrovias e Construções. Linda-a-Velha, Portugal.





Anexo A – Equipas Tipo e Rendimentos



Quadro A-1 – Equipas Tipo e Rendimentos para Via Balastrada

	Levantamento de Via	Descarga e Compactação da 1ª Camada de Balastro	Descarga e Distribuição de Travessas	Descarga de Carris	Assentamento e Montagem de Via	Soldaduras Alumínótérmicas	Balastragem	Ataque Mecânico Pesado	Estabilização Dinâmica da Via	Regularização de Barras com Soldadura Alumínótérmica	Esmerilhagem Preventiva	Piquetagem Definitiva
MÃO DE OBRA												
Chefe de Equipa Via	1			1	1		1			1		
Operário de Via	6			10	8		3			4		
Servente de Via	3	3	2	4	4	2	3			6		2
Condutor Manobrador	2	2	1	1	1			5	1		1	
Soldador						2				1		
Chefe de Máquinas								1				
Topógrafo + Ajudante					1			1				1
Encarregado	1	1	1	1	1			1	1	1	1	
EQUIPAMENTOS												
Atacadeira 1º Nivel								1				
Reguladora de Balastro								1				
Esmerilhadora Pesada de Via											1	
Estabilizadora Dinâmica									1			
Locomotiva				1								
Locotractor							1					
Pórticos Ligeiros de Via					1							
Vagão Balastreiro							10					
Escavadora Giratória, Rail-Route	2		1		1		1					
Pá Carregadora de Pneus		1										
Cilindro de Rolos		1										
Camião		2										
Espalhadora de Balastro		1										
Comboio de Carris												
Posicionador de Carril				1	1							
Compressor											1	
Tensor											2	
Equipamento de Topografia					1			1				1
Esmerilhadora Ligeira de Carril						2						
Equipamento de Soldadura						2						
Equipamento Ligeiro de Via	1				1							
Rendimento Médio Admitido	500 mlv/dia	250 mlv/dia	360 un/dia	4000 mlc/dia	250 mlv/dia	8 un/dia	320 m3/dia	300 mlv/dia (Enchimento) 1100 mlv/dia (Definitivo)	300 mlv/dia	864 mlc/dia	800 mlv/dia	-



Quadro A-2 – Equipas Tipo e Rendimentos para Via Não Balastrada (em Placa)

	Beção de Enchimento	Montagem Provisória da Via	Soldaduras Aluminotérmicas	Montagem Definitiva da Via	Preparação da Selagem	Nivelamento e Alinhamento Finais	Beção de Selagem
MÃO DE OBRA							
Chefe de Equipa C. Civil	1				1		2
Pedreiro	4				1		12
Servente de C. Civil	6				2		8
Motoristas	5				2		4
Carpinterios					2		2
Chefe de Equipa Via		1		1		1	
Oficial de Via		3		3		4	2
Auxiliar de Via		2		2		3	
Soldador			2				
Ajudante de Soldador de Via			2				
Topógrafo + Ajudante	1	1		1		1	
Encarregado	1	1		1		1	1
EQUIPAMENTOS							
Autobetoneiras	5						4
Bombas de Betão	2						2
Linha de Bombagem	1				1		
Vibrador de Betão	2						4
Conjunto de Niveladores de Via		1					
Posicionador de Carril		1					
Pórticos Ligeiros de Via		3		3		2	
Tensor			2				
Equipamento de Topografia	1	1		1		1	
Esmeriladora Ligeira de Carril			2				
Equipamento de Soldadura			2				
Equipamento Ligeiro de Via		1	2	1		1	
Rendimento Médio Admitido	111 m3/dia	52 mlvs/dia	9 un/dia	68 mlvs/dia	68 mlvs/dia	111 mlvs/dia	96 mlvs/dia



Anexo B – Figuras em formato A3

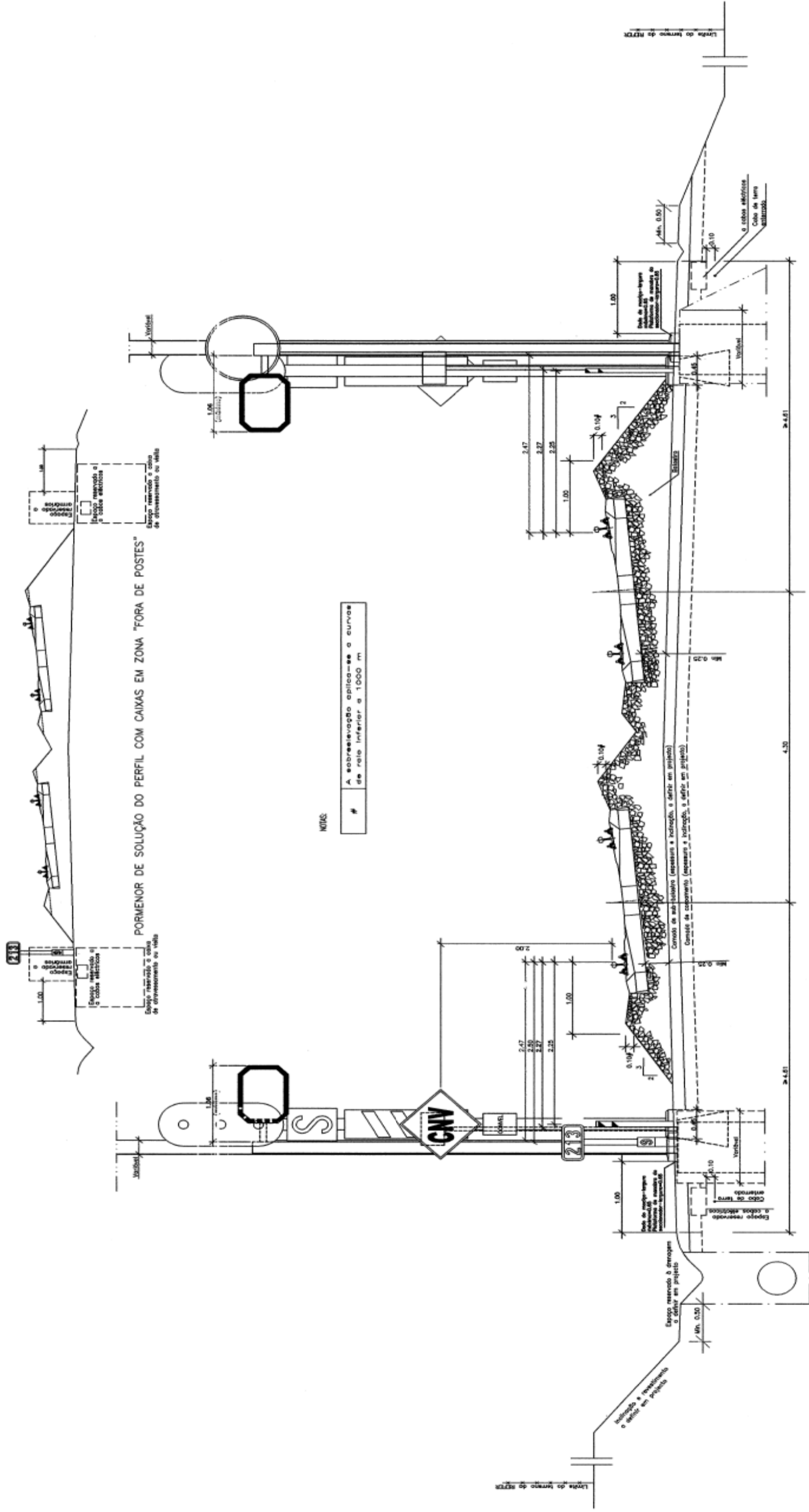


Figura 0-2 - Perfil Transversal Tipo de Via Dupla em Curva [25]

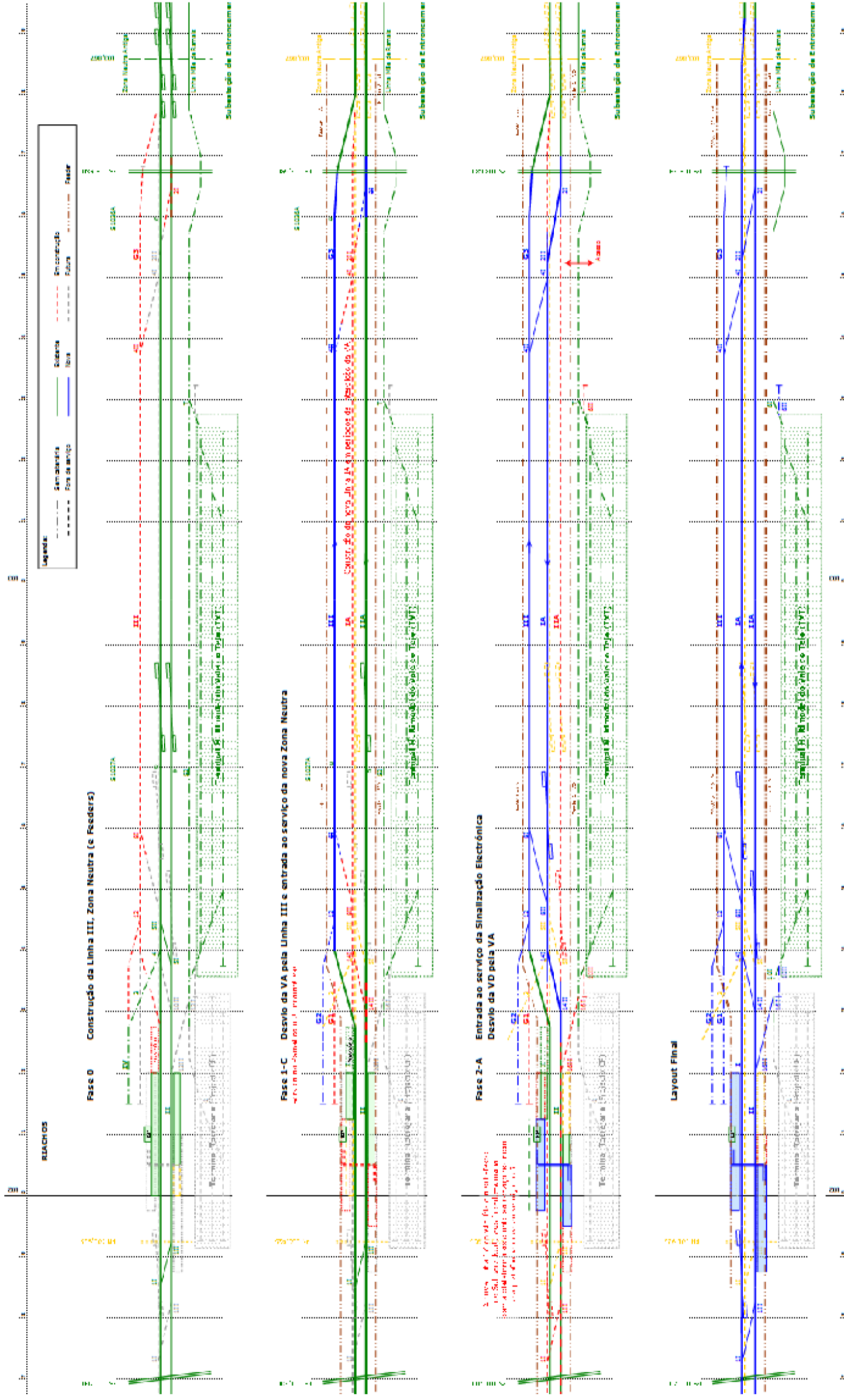
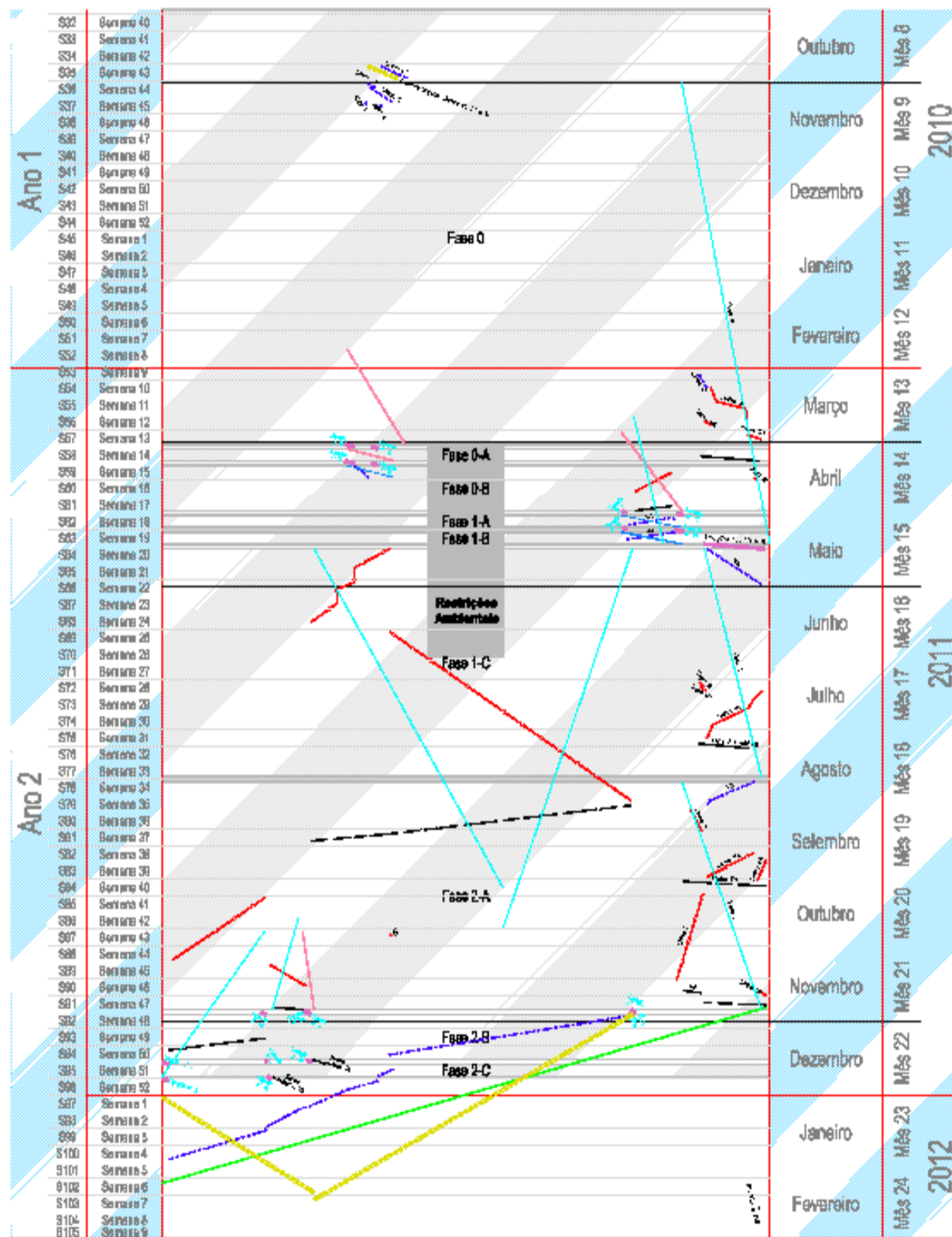
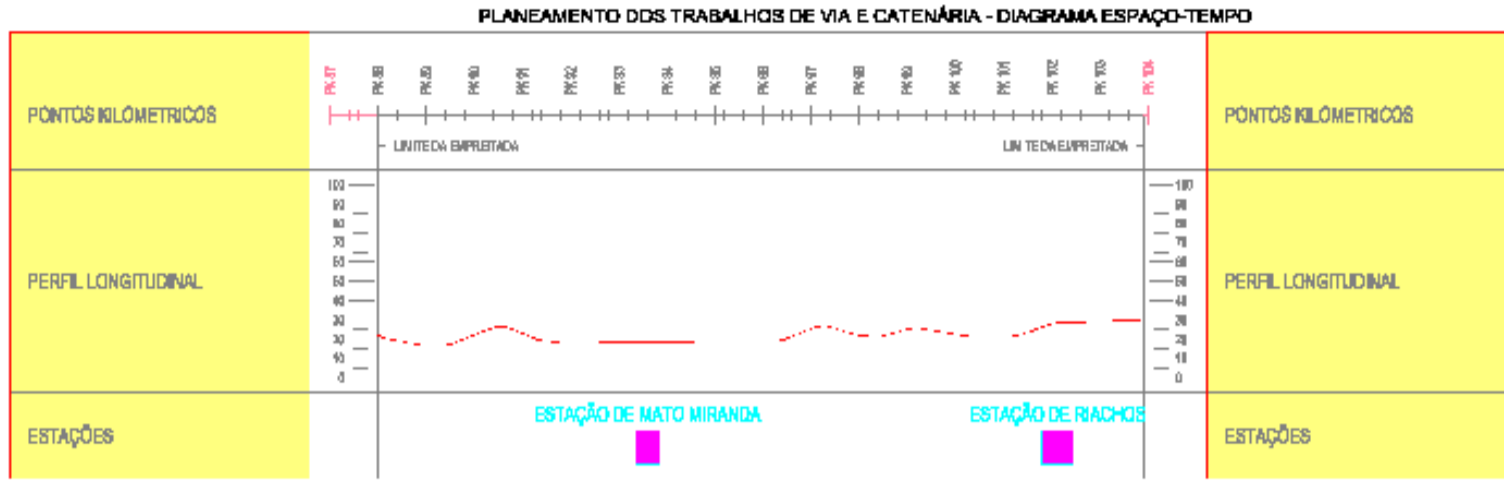


Figura 0-3 - Faseamento Construtivo da Estação de Riachos [32]



LINHA DO NORTE - SUBTROCÇO 1.3 (SETIL-ENTRONCAMENTO) – TRECHO KM 88 (MATO MIRANDA) / ENTRONCAMENTO (EXCLUSIVE).



LEGENDA:

- Trabalho de Catenária
- Preparação para a Ligação
- Desmontagem de Catenária
- Instalação de via e apoio
- Acabamento de Catenária
- Montagem de Catenária
- Levantamento de Via
- Montagem de Via
- Alvará U&E
- Desmontagem completa



Figura 0-4 – Diagrama Espaço-Tempo [32]