



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Via Algaliada Versus Mudança de Bitola dos Eixos do Material Circulante

Pedro Miguel Nunes Costa
Bacharel em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador: Licenciado António Artur Sequeira da Cruz

Juri:

Presidente: Mestre Paulo José de Matos Martins

Vogais:

Licenciado Armando do Carmo Martins

Licenciado António Artur Sequeira da Cruz

Março 2016

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo a elaboração de um documento que compare duas das tecnologias que se encontram na vanguarda da resolução do problema da ligação entre vias-férreas existentes com diferentes valores de bitola, tornando-as interoperáveis.

Será também importante que este documento possibilite a sua utilização como ferramenta de trabalho para quem exerça a sua atividade essencialmente dentro da área da ferrovia e que defina a sua atuação no âmbito da procura das melhores soluções e mais ajustadas à realidade portuguesa, tanto em termos económicos como técnicos, relativamente a um sistema que tem uma capacidade de responder às exigências dos interesses das populações, caracterizando-se também por uma vida útil considerável.

Em síntese, o presente trabalho incide sobre o que cada uma das tecnologias descritas tem a oferecer, tendo em conta a problemática da compatibilização entre os três valores de bitola existentes da União Europeia, sendo especialmente focado no caso da Península Ibérica, e nas suas especificidades.

Este documento está suportado na pesquisa, análise de soluções e deliberações já implementadas.

Palavras-chave: Bitola, Infraestrutura, Aparelhos de mudança de bitola, Via algaliada, Interoperabilidade, Caminho-de-ferro e Via-férrea.

ABSTRACT

This dissertation aims to draw up a document that compares two of the technologies that are at the forefront of the resolution of the problem for the connection between railway lines with different values of gauge.

It will be also important that this document allows its use as a tool for anyone who carries on business mainly in the railway area and defines his role within the framework of the search for the best solutions and more adjusted to the Portuguese reality, both in economic and technical terms, related to a system that has an ability to respond to the demands of the population interests, as well as is characterized as having a considerable life span.

Resuming, this work will focus on what each of the described technologies have to offer, taking into account the problem of compatibility between the three more important existing types of gauge on the European Union, more particularly in the Iberian Peninsula case and its specificities.

This document is supported in the research, solutions analyses and resolutions already implemented.

Keywords: Gauge, Infrastructure, Gauge Changer, Dual-gauge Railway, Interoperability, Railways and permanent way.

AGRADECIMENTOS

Esta parte será dedicada a quem, ao longo da execução desta dissertação, e mesmo ao longo da minha vida, foi importante para a elaboração do presente documento. A todos deixo o meu agradecimento pelo seu contributo.

Ao meu orientador, Professor do ISEL, Eng.º António Sequeira da Cruz, pela competência científica e acompanhamento desta dissertação, pela disponibilidade e generosidade reveladas durante a execução deste documento, assim como pelas críticas, correções e sugestões relevantes feitas durante a orientação.

A todos os meus colegas que trabalharam comigo nesta área, e que me deram as bases para o que sei hoje sobre infraestrutura ferroviária, através das diversas horas de discussão sobre os mais variados assuntos.

Ao meu professor de desenho dos Salesianos do Estoril, o Padre Miguel que na primeira aula que me deu escreveu no quadro a seguinte frase “nula die sine lineae”, que traduzido do latim quer dizer “nenhum dia sem uma linha”, premissa essa que eu tenho todos os dias na minha mente e que foi essencial para a realização desta tese.

Ao meu irmão, João Costa, um dos grandes pilares da minha formação enquanto homem, que sempre me incentivou e ainda incentiva através das suas palavras e atos.

Aos meus pais, Fernanda Costa e João Batista Costa, assim como aos meus avós, porque sem eles eu não estaria no patamar em que me encontro hoje.

A todos os que, de uma determinada maneira, num determinado momento e local se cruzaram comigo e que me fizeram sentir que existo.

A todos, o meu muito obrigado.

ÍNDICE DO TEXTO

Resumo.....	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos.....	v
Índice do texto.....	vii
Índice de quadros.....	ix
Índice de figuras.....	xi
Lista de siglas e abreviaturas.....	xiii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do Tema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura.....	4
2 Breve Resumo Histórico.....	7
2.1 O Caminho-de-ferro no Mundo.....	7
2.2 A Bitola Ibérica.....	9
2.2.1 O Caso Espanhol.....	9
2.2.2 O Caso Português.....	13
2.3 Considerações Gerais.....	14
3 Interoperabilidade.....	15
3.1 Infraestrutura.....	17
3.2 Alimentação Elétrica.....	19
3.2.1 Tipos de alimentação elétrica existentes.....	19
3.2.2 Alimentação elétrica existente nos diversos países.....	19
3.2.3 Solução de interoperabilidade na alimentação elétrica.....	21
3.3 Controlo-comando e sinalização.....	22
3.4 Material Circulante.....	25
4 O presente e o futuro das infraestruturas ferroviárias em Portugal e Espanha.....	29
4.1 Infraestrutura existente.....	30
4.1.1 Espanha.....	30
4.1.2 Portugal.....	33
4.2 Projetos Prioritários.....	37
4.2.1 Europa.....	37

4.2.2	Espanha.....	39
4.2.3	Portugal.....	43
5	Estudo e Comparação das Soluções	49
5.1	Mudança de Bitola do Material Circulante.....	51
5.1.1	Evolução Histórica dos AMB.....	51
5.1.2	Evolução Técnica dos Sistemas	56
5.1.3	Outros Sistemas Existentes	64
5.1.4	Futuros Sistemas de Mudança de Bitola.....	66
5.1.5	Considerações Gerais.....	69
5.2	Via Algaliada	71
5.2.1	Breve Resumo Histórico	72
5.2.2	Superestrutura de Via	74
5.2.3	Vias Algaliadas em Cima de Lajes de Betão.....	79
5.2.4	Alimentação Elétrica	79
5.2.5	Segurança.....	80
5.2.6	Considerações Gerais.....	81
5.3	Comparação das Soluções	84
6	Proposta de Soluções	87
6.1	Corredor Aveiro-Vilar Formoso/Linha da Beira Alta	88
6.2	Corredor Lisboa-Caia.....	90
6.2.1	Solução em Via Algaliada	92
6.2.2	Solução de Instalação de AMB na Fronteira.....	93
6.2.3	Implementação do troço em Bitola Internacional	93
7	Conclusões	95
	Lista de Referências Bibliográficas.....	99

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro comparativo entre sistemas ERTMS.....	25
Quadro 2 - Características da rede ferroviária nacional em 2013 vs 2020/22	45
Quadro 3 - Resumo do estudo efetuado em 1992-94	54
Quadro 4 – Comparação dos Sistemas em Termos de Velocidade.....	69
Quadro 5 – Sistemas de Aparelhos de Mudança de Bitola existentes na Europa	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Bitola.....	2
Figura 2 - Inauguração da primeira linha de caminho-de-ferro no Mundo	7
Figura 3 - Inauguração do caminho-de-ferro em Portugal (28.10.1856)	14
Figura 4 - Linhas com catenária em França.....	20
Figura 5 - Zona de transição de sistema de alimentação elétrica	22
Figura 6 - Sistema ERTMS nível 1.....	23
Figura 7 - Sistema ERTMS nível 2.....	24
Figura 8 - Comboio Thalys PBKA	26
Figura 9 - Comboio CAF S-120 e Talgo 250.....	28
Figura 10 - Rede Ferroviária espanhola, situação atual.....	31
Figura 11 - Rede Ferroviária espanhola, fluxos de transporte de Mercadorias.....	33
Figura 12 - Rede Ferroviária Portuguesa.....	35
Figura 13 - Corredor Atlântico.....	37
Figura 14 - Rede Ferroviária Espanhola, horizonte 2020.....	42
Figura 15 - Corredores de desenvolvimento.....	44
Figura 16 - Resumo dos projetos de investimento prioritários 2014-2020 e corredores principais	45
Figura 17 - Coexistência entre vias de bitola com valores diferentes na antiga estação de Famalicão .	50
Figura 18 - Eixo de um comboio Talgo III com o sistema RD	53
Figura 19 - Esquema dos AMB de primeira geração	57
Figura 20 - Esquema dos AMB de segunda geração.....	59
Figura 21 - Aparelho de Mudança de Bitola CAF BRAVA.....	60
Figura 22 - Sistema Duplo Vertical TCRS-1.....	61
Figura 23 - Sistema Duplo Horizontal TCRS-2.....	62
Figura 24 - Aparelho de Mudança de Bitola SUW2000.....	65
Figura 25 - Sistema TCRS-3 com a tecnologia Talgo em cima e a da CAF em baixo	67
Figura 26 - Sistema TCRS-4 com a tecnologia SUW 2000 e Rafil incorporada.....	68
Figura 27 - Via Algaliada e via de bitola Ibérica	72
Figura 28 - Travessa AM-05	76
Figura 29 - Fixações em travessas de três carris.....	77
Figura 30 - Aparelho de Mudança Posição do Terceiro Carril.....	78
Figura 31 - Travessas B355.2 U60 20 M	79
Figura 32 - Entrelaça em zonas de via dupla com três carris	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Corrente Alternada
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AMB	Aparelho de Mudança de Bitola
AMV	Aparelho de Mudança de Via
ASFA	Anúncio de Sinais e de Frenagem Automático
AV	Alta Velocidade
BRAVA	Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsor
CAF	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, S. A.
DB	Deutsche Bahn
DC	Corrente Contínua
DDR	Deutcher Innen-Und Aussenhandel, de Berlin
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
ETI	Especificações Técnicas de Interoperabilidade
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
LEU	Line side Electronic Unit
OGI	Oficina General de Ingeniería
PEIT	Plano Estratégico Integrado de Transportes
PETI	Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas
PITVI	Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda
RAFIL	Radsatzfabrik Ilsenburg GmbH
RD	Rodadura Desplazable
REFER	Rede Ferroviária Nacional, EPE
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
RSC	Rádio Solo-Comboio
RTE-T	Rede Transeuropeia de Transportes
TCRS	Aparelho de Mudança de Bitola TALGO-CAF
UE	União Europeia
UIC	International Union of Railways
ZNTK	Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego

1 Introdução

1.1 Enquadramento do Tema

No âmbito da história universal, a Europa foi um dos continentes cuja civilização mais cedo se formou e que mais evolução teve até uma determinada altura. O facto de ter sido ocupada por uma enorme diversidade de povos e civilizações deu origem à formação de um grande número de países, originando também uma enorme diversidade cultural e intelectual dos seus povos.

É esta diferença cultural e intelectual entre os povos dos diferentes países que originou a existência de uma diversidade muito grande de tecnologias que foi sendo criada e, uma vez que o caminho-de-ferro nasceu na Europa, foi essa uma das grandes razões de termos hoje um grande número de tecnologias ligadas ao caminho-de-ferro existentes na Europa, e até no mundo.

No final do século passado, com a criação do mercado único que originou uma livre circulação de pessoas, bens e serviços, foi sendo criada a noção de uma política económica única para todos os países que hoje em dia constituem a União Europeia. Estas duas premissas, livre circulação e união económica, estão na base da criação de uma rede europeia de transportes (RTE-T) que não pode existir com barreiras que possam prejudicar a livre circulação de pessoas e bens.

São essas barreiras que urge ultrapassar pelo que, transpondo para a questão da via-férrea, onde numa linha de caminho-de-ferro existem vários tipos de tecnologias em relação à infraestrutura, à alimentação elétrica e à sinalização, que diferem de país para país e até dentro do mesmo país, existe uma necessidade imperativa de criar ligações entre linhas com diferentes características em condições de interoperabilidade, ou seja, que as vias permitam a circulação de um comboio sem interrupção num determinado itinerário.

Uma das grandes questões que originou a existência de barreiras à livre circulação de pessoas e bens dentro da via-férrea está ligada à infraestrutura de via propriamente dita e tem a ver com a existência de vários valores de bitola nas linhas

existentes no mundo inteiro. O exemplo europeu é bem notório, uma vez que nas principais linhas europeias existem três valores de bitola¹.

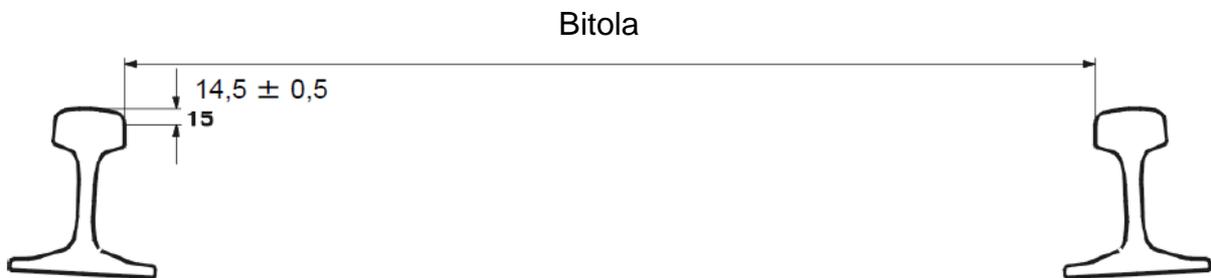


Figura 1 - Bitola [1]

Assim, a dificuldade gerada pela circulação em vias de bitola com valores diferentes, que é definida como a distância entre as faces interiores das cabeças dos carris, medida $15\text{mm}^{[1]}$ abaixo da mesa de rolamento e em esquadria com os carris, conforme figura 1, é uma questão que urge ultrapassar.

A partir de inícios do século passado começaram a estudar-se soluções para a ligação de vias de bitola com valores diferentes em condições de interoperabilidade: uma delas passa pela utilização de vias algaliadas, ou seja, uma via-férrea de bitola mista com a capacidade de operar comboios com diferentes bitolas[2]; outra das soluções é a mudança de bitola dos eixos do material circulante através da utilização de Aparelhos de Mudança de Bitola.

1.2 Objetivos

Para agilizar a livre circulação de pessoas e bens, a Comissão Europeia tem como objetivo a criação de um espaço único europeu de transportes. Para isso, existe a necessidade de criar uma RTE-T eficiente e onde também se inclui a rede ferroviária. Segundo a comissão europeia, o domínio em que os estrangulamentos são mais notórios continua a ser o mercado interno dos serviços ferroviários, cuja concretização é prioritária para se criar o espaço ferroviário único europeu. Passa

¹ A cota de 15 mm apresenta variações em diversos países

isso pela eliminação dos obstáculos técnicos, administrativos e jurídicos que continuam a dificultar a entrada nos mercados ferroviários nacionais. [3]

Um dos obstáculos técnicos existentes tem a ver com a ligação entre linhas ferroviárias com bitola de diferentes valores, uma vez que a rede europeia de caminho-de-ferro é constituída por linhas com as seguintes bitolas:

- Bitola Russa que tem uma medida de 1520mm e é utilizada nos países do leste;
- Bitola Internacional ou Padrão, com uma medida de 1435mm utilizada nos países do centro da Europa. Esta bitola é denominada assim por ser a mais utilizada internacionalmente;
- Bitola Ibérica que tem uma dimensão de 1668mm e que é a aplicada em Portugal e Espanha.

Tendo em conta o descrito, pretende-se com esta dissertação ajudar na opção pela melhor das soluções descritas tendo em conta toda o estado atual das infraestruturas existentes em Portugal e em Espanha, assim como o que se encontra previsto realizar no futuro em termos de infraestruturas, incluído nos diversos planos de transporte existentes assim como na RTE-T, nomeadamente em termos de linhas de Alta Velocidade.

1.3 Metodologia

Grande parte do trabalho desenvolvido na presente dissertação teve uma componente interativa, nomeadamente na procura de uma vasta documentação que serviu como base para a elaboração da mesma. Para além da busca de informação realizada, a metodologia adotada passou pelas seguintes fases:

- Caracterização da situação existente relativamente à rede ferroviária da Península Ibérica;
- Descrição da previsão das futuras redes ferroviárias na Península Ibérica, através do estudo de planos existentes que contêm os investimentos que se encontram previstos relativamente a futuras infraestruturas a construir;

- Estudo e descrição sobre exemplos deste tipo de soluções que já se encontram aplicadas, nomeadamente em Espanha;
- Descrição dos pros e contras de cada solução;
- Apresentação de algumas soluções que se poderão aplicar em Portugal no seguimento dos investimentos previstos;
- Análise do estudo efetuado, para elaboração das conclusões finais.

De referir, também, que o presente documento foi sendo atualizado e melhorado ao longo do tempo e á medida que se obtinha nova informação relevante.

1.4 Estrutura

Tendo em consideração o que se encontra definido pela comissão coordenadora de mestrado relativamente a documentos desta natureza, assim como as normas em vigor existentes, a presente dissertação encontra-se organizada por sete capítulos descritos e sintetizados da seguinte maneira:

Capítulo 1: Introdução

Corresponde ao presente capítulo e é composto por um breve enquadramento que explica a razão do aparecimento da problemática que originou as duas soluções em estudo. No presente capítulo são também referidos os objetivos da presente dissertação, abordada a metodologia aplicada e descrita a estrutura do documento.

Capítulo 2: Breve resumo Histórico

É apresentada uma breve história do caminho-de-ferro ligada à opção de utilização de variadas bitolas em cada país/região, especialmente em Portugal e em Espanha.

Capítulo 3: Interoperabilidade

Este capítulo inclui uma abordagem à interoperabilidade ferroviária tendo em conta a existência de linhas com diferentes bitolas, nomeadamente:

- Aspetos que condicionam a circulação nas infraestruturas da futura rede ferroviária europeia relativamente à bitola, ao sistema de alimentação elétrica e ao sistema de gestão de tráfego/segurança;
- O problema específico da ligação entre linhas de tráfego convencional com bitola ibérica com as de Alta Velocidade e entre as linhas da Península Ibérica com as linhas europeias.

Capítulo 4: O presente e o futuro das infraestruturas ferroviárias em Portugal e Espanha

Esta parte da tese inclui uma descrição das infraestruturas existentes e do que se prevê investir na Península Ibérica relativamente a infraestruturas ferroviárias, tendo em conta o que se encontra inscrito nos diversos Planos de Transportes existentes, assim como na documentação produzida pelas XXV e XXVI cimeiras ibéricas.

Capítulo 5: Estudo e comparação das soluções

Este capítulo é dedicado à descrição e comparação das duas soluções em estudo e que são objeto da presente tese.

Relativamente à via algaliada são abordados os seguintes temas:

- Constituição de uma via algaliada;
- Tipos de via algaliada existentes tendo em conta as diversas bitolas em jogo;
- Estudo com o custo da construção e manutenção de uma via algaliada.

No caso da solução da mudança de bitola dos eixos do material circulante, são incluídos os seguintes assuntos:

- Soluções existentes na infraestrutura que permitem que o material circulante, através de eixos telescópicos, altere a bitola ao passar;
- Onde e em que casos é que se utilizam;
- Estudo com o custo da construção e manutenção da solução.

São também dados exemplos de soluções existentes já construídas noutros países, nomeadamente em Espanha e em França.

De seguida, a tese inclui a descrição das diversas vantagens e desvantagens das duas soluções, assim como a comparação das mesmas.

Capítulo 6: Proposta de soluções

Para além da execução de um trabalho comparativo entre soluções, a presente Tese de Mestrado inclui também uma parte dedicada à proposta de soluções para a ligação das linhas existentes com as futuras linhas de alta velocidade assim como com os eixos de transporte de mercadorias previstos, e que serão construídos com a bitola internacional de 1435 mm.

Capítulo 7: Conclusão

Parte onde são apresentadas as principais conclusões retiradas do estudo realizado relativamente ao tema, assim como da proposta de soluções efetuada.

2 Breve Resumo Histórico

2.1 O Caminho-de-ferro no Mundo

A primeira linha de caminho-de-ferro existente no mundo foi construída em Inglaterra e surgiu como corolário da Revolução Industrial. Naquela altura, a tecnologia a vapor tinha acabado de ser inventada e foi colocada à disposição dos engenheiros para o serviço do transporte de pessoas.

Em 1821 iniciou-se o projeto para a construção de uma linha férrea com cerca de 13 km entre Darlington e Stockton-on-Tees com a finalidade de efetuar o transporte de carvão. Originalmente prevista para veículos de tração animal, ou seja, veículos sobre carris de metal puxados por cavalos, um Engenheiro chamado George Stephenson conseguiu convencer o diretor da empresa gestora da futura linha a mudar de planos relativamente aos veículos.

Com efeito, em 27 de setembro de 1825 uma locomotiva a vapor criada por Stephenson fez a sua viagem inaugural ilustrada na figura 2 entre as duas localidades referidas. Nesse dia, a locomotiva conduzida pelo próprio demorou cerca de duas horas realizar o percurso, tendo chegado a atingir uma velocidade de 39 Km/h numa parte do seu trajeto. [4]



Figura 2 - Inauguração da primeira linha de caminho-de-ferro no Mundo [5]

A bitola utilizada para a construção dessa linha era de 1435 mm, opção essa que teve a sua origem no eixo dos veículos de tração animal que eram utilizados. Segundo Jesus Moreno no trabalho “Prehistoria del Ferrocarril”, essa medida data do ano 2.000 a.C. uma vez que era a utilizada nos carros utilizados na ilha de Malta.

Este troço serviu de base para a construção da ferrovia entre Liverpool e Manchester, mas já com pequenas atualizações, uma vez que Stephenson chegou à conclusão que por muito pequenas que fossem as subidas do percurso, originavam grandes perdas de velocidade e que nas descidas, os travões eram inúteis. Devido a isso, Stephenson chegou à conclusão que as linhas deviam ter um percurso o mais plano possível. [4]

Durante esse século, o caminho-de-ferro tornou-se essencial devido à necessidade de existência de uma rápida circulação de bens e de mão-de-obra trabalhadora necessária para alimentar a máquina industrial sempre em crescimento. Devido a esse fato, as linhas de caminho-de-ferro começaram a proliferar não só em Inglaterra, mas também no resto do mundo.

Nos Estados Unidos por exemplo, as primeiras linhas de caminho-de-ferro foram inauguradas em 1828 e faziam parte de um conjunto de vias denominado como “Caminho-de-ferro de Baltimore e Ohio”. Como a tecnologia era praticamente toda inglesa, nomeadamente as locomotivas a vapor, as linhas foram todas construídas com a mesma bitola de 1435mm. [6]

O caminho-de-ferro francês começou também a ser desenvolvido no século XIX com a construção de pequenas linhas utilizadas nas minas, mas o desenvolvimento de grandes linhas apenas se deu a partir de 1842 com a inauguração do caminho-de-ferro entre Paris e Orléans em bitola de 1435mm, medida essa que foi utilizada na construção da restante rede ferroviária desse país. [6]

Com a implementação das primeiras linhas de caminho-de-ferro no mundo, principalmente nos países mais industrializados de então, construídas com a bitola de 1435mm, esta medida começou a proliferar para outras zonas do globo, como a América central e Europa central, sendo hoje em dia utilizada em cerca de 60% das linhas de caminho-de-ferro mundiais, razão pela qual se começou a denominar como bitola Internacional ou padrão.

A segunda bitola mais utilizada no mundo em termos de extensão de via-férrea construída tem uma medida de 1520 mm e é utilizada nas vias construídas nos países da Europa de Leste, sendo denominada como bitola russa. A escolha desta medida foi feita durante o projeto de construção da linha entre Moscovo e São Petersburgo quando o Engenheiro Russo Pavel Melnikov contratou um consultor americano George Washington Whistler que recomendou que a utilização desta medida era mais barata do que a de 1829 mm utilizada nas vias experimentais construídas até então, oferecendo as mesmas vantagens em relação às vias com bitola de 1435mm. [7]

2.2 A Bitola Ibérica

2.2.1 O Caso Espanhol

As primeiras linhas de caminho-de-ferro existentes na Península Ibérica foram construídas em Espanha. Antes da construção da sua rede, foi formada uma comissão técnica cuja função era a de criar os fundamentos técnicos para a construção de linhas cujos parâmetros dimensionais fossem os mesmos.

No seguimento dos primeiros estudos, a comissão publicou o seu primeiro relatório no dia 20 de janeiro de 1845 estabelecendo que a bitola que se deveria utilizar nas linhas daquele país deveria ter 6 pés castelhanos que equivalia a uma medida de 1670mm. Desde logo, informava-se a conveniência de todas as linhas terem a mesma bitola porque de contrário, quando existisse ligação entre as várias linhas, era impossível os comboios seguirem o seu caminho.

Apesar de já naquele tempo existirem linhas na europa construídas com bitola de 5 pés e 17 centésimas, que corresponde a 1435 mm, era do entendimento da comissão que, num país onde se iria iniciar a construção de vias ferroviárias, se deveria aplicar uma bitola que permitisse que os comboios percorressem a via com toda a rapidez e segurança tendo em conta os últimos avanços das locomotivas daquela época. Para este efeito, seria necessário aumentar a bitola, e que seria essa a tendência que se encontrava a ser aplicada na construção de novas linhas, nomeadamente na Inglaterra, cuja comissão do parlamento informava que o sistema geral de caminho-de-ferro na Irlanda propunha uma bitola de 6,75 pés (1880mm).

Naquela altura foi estabelecida uma bitola de 6 pés castelhanos em Espanha porque sem aumentar os custos de construção da linha com soluções que criavam traineis menos inclinados, permitia locomotivas de dimensões suficientes para produzir, num determinado tempo, a quantidade de vapor suficiente para obter, com a mesma carga, uma velocidade maior do que poderia conseguir-se em vias de bitola de 5,17 pés (1435mm), conseguindo-se também, sem diminuir a estabilidade, aumentar o diâmetro das rodas, o que também proporcionava um aumento de velocidade.

Contudo, mais tarde veio a verificar-se que os argumentos apresentados pela comissão se encontravam ultrapassados, uma vez que haviam sido tomados em consideração fundamentos teóricos de engenheiros franceses que naquela altura se consideravam tecnicamente obsoletos devido ao desenvolvimento tecnológico das locomotivas a vapor que tinha corrigido quase todos os defeitos que os partidários da via larga lhes atribuíam.

Existia também a ideia da comissão que naquela época a tendência existente era a de construção de linhas com bitolas acima dos 1435mm, isto porque existia a informação que na Irlanda e na Rússia as linhas existentes tinham sido construídas com bitolas de 1880mm e 1830mm respetivamente quando a realidade europeia era a seguinte:

- Na Escócia existiam 67 km de via com uma bitola de 1370mm;
- A bitola internacional, de 1435mm encontrava-se aplicada em 6509 km de vias espalhadas pelos países europeus com via-férrea;
- Existiam 6 km de via com bitola de 1520mm e 359 km com bitola de 2130mm na Inglaterra;
- Na Irlanda existiam 206 km de via construída com bitola de 1600mm e 40 km com bitola de 1880mm;
- A Rússia tinha uma linha com 27 km constituída por uma bitola de 1830mm;
- Na Holanda existia uma linha de 96 km construída com bitola de 2000mm.

No dia 10 de janeiro de 1850 foi apresentado diante do parlamento espanhol um projeto de lei da ferrovia. Foi então formada uma comissão parlamentar que, para permitir o estudo do documento, realizou um inquérito parlamentar público

permitindo a todas as entidades abrangidas pelo futuro decreto apresentar a sua opinião fundamentada relativamente ao mesmo.

A opinião generalizada dos técnicos que foram chamados ia ao encontro da opinião da comissão criada em 1845, ou seja, a bitola que melhor se adaptava à realidade espanhola era a larga. Segundo os técnicos, as vias espanholas apenas seriam viáveis com traneis superiores a 1,5% uma vez que a acentuada orografia espanhola em alguns sítios como os Pirenéus o exigia, e só com linhas de bitola larga que permitisse a utilização de locomotivas mais potentes, derivado da possibilidade de aumentar a dimensão das caldeiras, seria possível ultrapassar as altas montanhas.

Foi apenas em 1854 que se começou a falar que a bitola larga isolava a Espanha do resto da europa. Nessa altura foi publicado num jornal espanhol da época um artigo, que tinha sido retirado de um periódico francês, que qualificava a bitola larga como absurda e inconveniente, uma vez que a extensão da linha de Bordéus até à fronteira não tinha ligação direta para Espanha, originando incomodidade nos passageiros que tinham que ser apeados e mudar de comboio.

Os militares também foram chamados a dar a sua opinião perante a comissão. Segundo o que ficou registado, seria conveniente que se realizasse um estudo sobre a bitola utilizada nas linhas francesas com a finalidade de não se utilizar a mesma medida. A explicação para esta opinião encontrava-se no fato de impedir a utilização das vias espanholas por um qualquer país invasor que tivesse equipamento para a mesma bitola.

Contudo esta opinião encontrava-se incompleta uma vez que só a construção de linhas com uma bitola menor do que a das linhas francesas é que obteria o efeito anti invasão, uma vez que não existiria espaço, nem na plataforma nem na entrevia, para realizar a correção de bitola. Com a construção de linhas com bitola maior, seria fácil a correção de bitola, uma vez que bastava mudar a posição dum carril. Exemplo disto ocorreu na segunda guerra mundial quando a Alemanha invadiu a Rússia e aproveitou as suas linhas férreas para alimentar a máquina de guerra.

Posteriormente, o governo espanhol começou a ficar sob pressão de alguns capitalistas e técnicos estrangeiros, assim como dos governos português e francês para se alterar a bitola utilizada, tendo sido inclusivamente construídas algumas

linhas com bitolas de 1440mm e 1450mm. Naquela altura foi inclusivamente criado um novo projeto-lei das vias ferroviárias espanholas que já continha uma nova bitola com 1512mm, valor dado como errado uma vez que o que se encontrava previsto era o de 1435mm, tendo sido retificado mais tarde.

No seguimento deste novo projeto-lei foi construída mais uma linha com bitola de 1440mm, a ligação entre Madrid e Irún, mas devido a protestos por parte das empresas de material circulante que já tinha encomendado equipamento para utilizar em vias de bitola com 6 pés, levando a indemnizações por parte do governo espanhol, o responsável do governo foi demitido, tendo sido retificadas todas as linhas construídas com bitola de 1440mm e 1450mm para bitola de 6 pés.

Em 1855 foi nomeada uma nova comissão para redigir um novo projeto-lei onde constaria uma nova medida para a bitola nas linhas a construir em Espanha cujo valor era de 1670mm. [8]

Esta medida foi posteriormente alterada para 1668mm, que é a que se aplica hoje em dia, no ano de 1955 devido ao fato de haver a necessidade de mudar o jogo de via, ou seja, de definir a medida exata entre o verdugo e a face lateral superior do carril.

Segundo um documento efetuado pelo departamento de estudos e reconstrução da RENFE², a redução do jogo de via era benéfica para as condições de rolamento do material rolante, tendo inclusivamente originado o abandono das vias de bitola com 1440mm e com 1450mm que algumas administrações ferroviárias adotavam em prol das vias de 1435mm, originando um jogo de via teórico com 9mm tendo em conta a dimensão do eixo das rodas do material circulante.

Em 1926 existiam diversas medidas de eixo de rodas de material circulante em utilização nas linhas espanholas, razão pela qual foram fixadas as dimensões descritas para 1596 em vagões e 1588 em automotoras.

Devido às razões citadas anteriormente, foi proposta a redução do jogo de via para 7mm, originando um encurtamento da bitola em 6mm, pelo que passou de 1674mm para 1668mm, que corresponde à dimensão da bitola ibérica utilizada atualmente.

² Em 1955, o gestor e o operador das linhas ferroviárias em Espanha era a RENFE.

De referir também que para implementar esta alteração foi necessário reduzir a entrevia das vias em 41mm, assim como alterações dos eixos do diversificado material circulante assim como o adelgaçamento do verdugo das suas rodas. [7]

2.2.2 O Caso Português

Os primeiros estudos para a construção de uma linha de caminho-de-ferro em Portugal iniciaram-se em 1845 devido à necessidade de suprir as muitas lacunas existentes na rede de vias de comunicação nacionais naquela altura. Exemplo disso era a quase inexistência de estradas no interior do país o que obrigava à utilização frequente dos nossos rios para transporte de pessoas e bens.

No seguimento dos diversos estudos efetuados, em 1853 foi apresentada por um empresário inglês uma proposta para a construção de uma linha ferroviária entre Lisboa e a fronteira espanhola através de Badajoz, aproveitando a linha entre Lisboa e Santarém que, entretanto, já tinha sido objeto de concurso em 1852 e entregue à Companhia Central e Peninsular dos Caminhos-de-ferro em Portugal.

No dia 28 de outubro de 1856 foi inaugurado o primeiro troço da linha descrita, conforme ilustrado na figura 3, que ligava Lisboa à povoação do Carregado e tinha 36 km de comprimento. A origem inglesa das primeiras ideias, propostas, maioria do capital, pessoal dirigente e do material circulante ao serviço da Companhia Central Peninsular dos Caminhos de Ferro em Portugal, influenciaram a bitola de 1,44m em que os nossos caminhos-de-ferro se iniciaram.

Devido a diversos problemas, a companhia descrita não conseguiu prosseguir com a evolução da rede ferroviária conforme se encontrava previsto, razão pela qual o governo da altura negociou a construção das linhas até à fronteira e ao Porto com um empresário espanhol que na altura tinha grande experiência neste tipo de negócio. [9]

Foi assim que apareceu, em dezembro de 1859, a Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses, pelo que, em nome de critérios de rentabilização do sistema, se procedeu á mudança de bitola para 1680mm, que equivalem a 5 pés portugueses. Esta empresa foi responsável pela proliferação da rede de caminho-de-ferro em Portugal a partir dessa data, de tal modo que em 1895 já existiam 2344 km de linhas.

A medida de bitola de 1680mm foi aplicada em todas as linhas construídas até 1955, ano em que se procedeu à uniformização da bitola com Espanha, que, entretanto, já utilizava a bitola ibérica. [10]



Figura 3 - Inauguração do caminho-de-ferro em Portugal (28.10.1856) [11]

2.3 Considerações Gerais

Independentemente da razão que levou à adoção duma bitola cuja medida é diferente do resto da Europa, nomeadamente da França, Portugal foi arrastado para uma situação que isolou a Península Ibérica e que originou graves prejuízos políticos e económicos que ainda hoje estamos a pagar.

3 Interoperabilidade

Conforme já foi focado anteriormente, no seguimento da formação da União Europeia, a necessidade de existir um mercado único europeu levou à existência de uma política económica unificada para que a União Europeia seja competitiva contra as grandes economias mundiais.

Para que a União Europeia seja competitiva deverá ter condições para que exista uma livre circulação de pessoas e especialmente de mercadorias, sem restrições em todas as suas vias de comunicações e transportes.

No mundo globalizado de hoje a indústria do transporte, especialmente o de mercadorias, é uma componente muito importante para a competitividade de uma economia, uma vez que a rapidez de circulação aleada à quantidade de mercadoria que se pode transportar encontra-se intimamente ligada ao custo da mesma.

Neste contexto, o transporte por modo ferroviário é bastante importante uma vez que com as novas tecnologias tornou-se não só um meio de transporte rápido como pode permitir o transporte de grandes quantidades de pessoas ou mercadorias.

Tendo em conta o descrito, para que a rede ferroviária europeia tenha as condições de rapidez de circulação terá de eliminar algumas barreiras ainda existentes, nomeadamente nas fronteiras de alguns países e para isso será necessária a existência de ligações ferroviárias que sejam interoperáveis.

O conceito de interoperabilidade encontra-se, em primeira mão, ligado à existência de bitolas com valores diferentes, mas também não pode ser dissociado da obrigatoriedade de ligação direta de vias com diferentes tipos de alimentação de energia, de sinalização, de segurança e até do material circulante.

À medida que as diversas redes ferroviárias iam sendo aumentadas, verificou-se também uma melhoria da tecnologia derivada da necessidade de as viagens serem mais rápidas. Exemplo disso foi a criação de locomotivas alimentadas a eletricidade que permitiam um considerável aumento das velocidades de circulação que fez aumentar os níveis de exigência relativamente à segurança da circulação de comboios. Foi então criado um novo tipo de sinalização, com maior automatismo, em que o erro humano é praticamente nulo.

Da mesma forma que existem diversas medidas de bitola, também existem diferentes tipos de alimentação da energia elétrica ao material circulante, bem como de sinalização, assim como também existe uma diversidade enorme de material circulante que urge uniformizar.

Com a finalidade de existir uma uniformização dos vários tipos de infraestruturas existentes em termos de bitola, de alimentação e de sinalização, a União Europeia criou a diretiva 2008/57/CE de 17 de junho de 2008 onde consta o conceito de interoperabilidade como sendo:

“a capacidade do sistema ferroviário para permitir a circulação segura e sem interrupção de comboios que cumpram os níveis de desempenho exigidos dessas linhas. Essa capacidade depende de todas as condições regulamentares, técnicas e operacionais a cumprir para satisfazer os requisitos essenciais”. [12]

Dentro do sistema da interoperabilidade, para haver uma uniformização dos diversos tipos de infraestruturas dum sistema ferroviário, existe a necessidade de compatibilizar os diversos subsistemas já falados anteriormente e que se descrevem a seguir:

a) Subsistemas de caráter estrutural:

- Infraestrutura – Constituído pela via, os aparelhos de via, as estruturas de engenharia, as estações, e os equipamentos de segurança e proteção;
- Energia – Todo o sistema de eletrificação, incluindo o equipamento aéreo e a parte embarcada do equipamento de medida do consumo de eletricidade;
- Controlo-comando e sinalização – Todos os equipamentos que são necessários à segurança da circulação dos comboios;
- Material circulante – Inclui todo o material que circula na via, utilizando a infraestrutura.

b) Subsistemas de caráter funcional:

- Exploração e gestão do tráfego – Procedimentos e equipamentos associados que permitem assegurar uma exploração coerente dos diferentes subsistemas;
- Manutenção – Procedimentos que garantam o bom funcionamento de todos os equipamentos dos vários subsistemas;
- Instrumentos telemáticos ao serviço dos passageiros e do transporte de mercadorias, que são os equipamentos de informação para os passageiros, de reserva de passagens e pagamentos, gestão de bagagens e de ligação de comboios com outros modos de transporte.

Segundo a diretiva:

“A qualidade dos serviços de transporte ferroviário europeus depende, entre outros fatores, de uma excelente compatibilidade entre as características da rede (na aceção mais lata do termo, ou seja, as partes fixas de todos os subsistemas em causa) e as dos veículos (incluindo os equipamentos embarcados de todos os subsistemas em causa). Dessa compatibilidade dependem os níveis de desempenho, de segurança e de qualidade dos serviços e o seu custo.[11]

Cada um dos subsistemas citado é objeto de regulamentação própria expressa numa ou em várias Especificações Técnicas de Interoperabilidade que se aplicam às linhas de Alta Velocidade (AV) e às linhas convencionais (LC).

De seguida vai-se proceder a uma explicação do que se encontra a ser efetuado relativamente a todos os subsistemas em matéria de interoperabilidade para que exista uma compatibilidade entre os diversos tipos de redes com diferentes características. Não será realizada uma explicação relativamente aos subsistemas de caráter funcional uma vez que não se encontra no âmbito da presente tese.

3.1 Infraestrutura

A interoperabilidade ferroviária dentro do subsistema de infraestrutura passa pela existência de uma uniformização de premissas que permitem primeiramente o dimensionamento de uma via-férrea através da caracterização dos seus parâmetros.

Dentro dos parâmetros mais importantes no seu dimensionamento encontra-se a determinação de limites relativamente ao traçado de uma via, nomeadamente a sua escala nas curvas, os traineis e raios das curvas a aplicar.

Contudo, o estabelecimento de parâmetros é muito mais abrangente, chegando ao material a aplicar numa via onde os critérios de aceitação do tipo de travessas, de balastro, de carril e até de AMV são os exemplos mais concretos.

Dentro deste subsistema, encontra-se também o estabelecimento de critérios de aceitação de parâmetros para as tecnologias que se encontram a ser desenvolvidas para a compatibilização de ligações entre vias de bitolas com valores diferentes, que são objeto de estudo na presente tese.

Dentro do subsistema da infraestrutura, existe também o conceito de uniformização em termos de interoperabilidade das obras de arte e estações, mas uma vez que são pontos singulares da via, não darão grandes problemas de interoperabilidade.

Quanto aos equipamentos de segurança também são objeto de critérios mínimos estabelecidos dentro deste subsistema que abrange todos os utilizados na via e que servem os trabalhadores, as máquinas e a infraestrutura.

Os equipamentos de proteção também têm um enquadramento em termos de interoperabilidade ferroviária, uma vez que existe a necessidade de os uniformizar em toda a União Europeia.

Dentro dos equipamentos de proteção que existem, encontram-se incluídos os seguintes:

- Para-choques – Normalmente colocados no topo de uma linha para evitarem a continuação da marcha do comboio para além daquele ponto;
- Descarriladores - São também equipamentos que evitam que o comboio transponha um determinado ponto, obrigando ao seu descarrilamento;
- Painéis acústicos – Encontram-se normalmente no limite lateral do domínio ferroviário e servem para atenuar a transmissão de som provocado pelo movimento dos comboios para as zonas urbanas.

Importa também referir que relativamente a este subsistema existem várias ETI que estabelecem critérios de interoperabilidade, encontrando-se dentro das mais

importantes a Dec. 2008/217/CE ETI INF AV para a rede de Alta Velocidade e na Dec. 2011/275/UE ETI INF CV para a rede Convencional.

3.2 Alimentação Elétrica

3.2.1 Tipos de alimentação elétrica existentes

Nas linhas de caminho-de-ferro a alimentação elétrica às locomotivas e unidades motoras é feita através de um sistema de distribuição elétrica aéreo chamado catenária. Esta estrutura é constituída por um cabo de suporte, os pêndulos e o fio de contacto que realiza a ligação à máquina através dum equipamento existente na sua parte superior chamado pantógrafo.

Existem diferentes tipos de catenária espalhados pelo mundo, podendo diferir quanto ao tipo de corrente, contínua ou alternada, assim como relativamente à tensão da alimentação. De entre um grande número de sistemas de alimentação elétrica, os mais utilizados são:

- Linhas com catenária alimentada com corrente contínua a 1500 V, 1500 V DC;
- Linhas com catenária alimentada com corrente contínua a 3000V, 3000 V DC;
- Linhas com catenária alimentada com corrente alternada a 25 KV, 25 KV AC.

3.2.2 Alimentação elétrica existente nos diversos países

Os tipos de catenária existentes nos mais importantes países da europa encontram-se descritos a seguir.

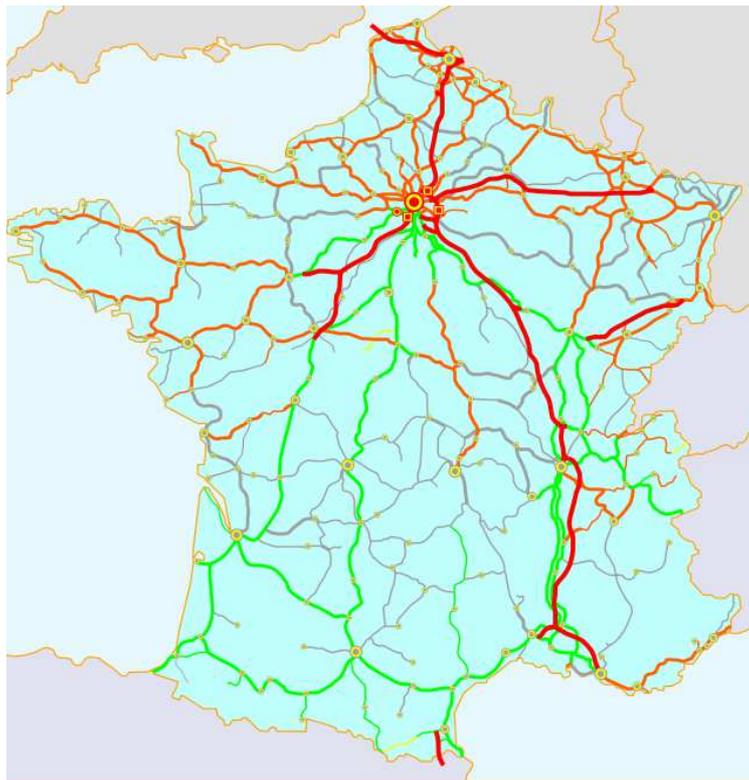
Inglaterra

A eletrificação de linhas de caminhos-de ferro na Inglaterra iniciou-se no final do século XIX tendo sido utilizados diferentes sistemas. A partir de 1921 todas as linhas adotaram o sistema de corrente continua a 1500V devido a uma exigência

governamental realizada através de um comité. Em 1956, no seguimento da segunda guerra mundial e com a nacionalização do caminho-de-ferro, a British Railways adotou o sistema 25 KV AC no âmbito da elaboração de futuros projetos, no entanto continuam a existir linhas eletrificadas com outro tipo de sistemas, incluindo linhas dotadas de terceiro carril.[13]

França

Embora a eletrificação de linhas de caminho-de-ferro em França tenha começado no início do século XX em fase experimental, os dois sistemas existentes hoje em dia nas linhas francesas, 1500 V DC e 25 kV 50 Hz AC, só começaram a ser implementados a partir de 1920. Na figura 4 encontra-se um mapa de França mostrando as linhas com catenária.[14]



Legenda: Verde: 1,500 V DC; Laranja: 25 kV AC; Vermelho: 25 kV AC na AV; Amarelo: outras

Figura 4 - Linhas com catenária em França [15]

Países da antiga União Soviética

A eletrificação do caminho-de-ferro destes países iniciou-se na década de 30 do século passado e hoje em dia são utilizados dois sistemas de alimentação elétrica, o 3000 V DC e o 25 KV AC.[16]

Espanha

A rede espanhola utiliza três sistemas de catenária, o de 3 KV DC e 1,5 KV DC nas linhas convencionais e o de 25 KV AC nas linhas de alta velocidade.[17]

3.2.3 Solução de interoperabilidade na alimentação elétrica

A interoperabilidade da alimentação elétrica nas linhas de caminho-de-ferro dentro da União Europeia é objeto do Regulamento Número 1301/2014 da UE e cujo âmbito respeita a todas as linhas novas e renovadas.

No mesmo encontram-se descritos todos os requisitos essenciais para a implementação de um sistema de catenária interoperável com os diversos sistemas existentes, nomeadamente compatibilizações técnicas relativamente à tensão e frequência, aos seus parâmetros de desempenho, capacidade de corrente, frenagem de recuperação, disposições de coordenação da proteção elétrica, geometria da catenária, gabarito do pantógrafo, força de contato média, espaçamento dos pantógrafos, material do fio de contato, zonas neutras, zonas de separação de sistemas e sistemas de terra de recolha de dados energéticos.[18]

A resolução para o problema de interoperabilidade nas linhas de caminho-de-ferro para o subsistema de alimentação elétrica passa pela adoção de uma zona de separação de sistema onde de um lado existe um sistema de alimentação e noutro lado existe o outro, conforme fotografia ilustrada na figura 5.

Na implementação destes sistemas o comboio deverá estar preparado para que possa circular de um sistema de alimentação elétrica para o sistema adjacente sem fazer ligação entre os dois sistemas, existindo dois métodos para a transposição das zonas de separação de sistemas:

- Com o pantógrafo levantado e em contato com o fio de contato;
- Com o pantógrafo baixado e sem contato com o fio de contato.

Segundo a ETI respectiva, a opção da solução a adotar entre os dois tipos de sistemas será decidida entre os dois gestores de infraestruturas a quem pertence a infraestrutura em causa.



Figura 5 - Zona de transição de sistema de alimentação elétrica [19]

3.3 Controlo-comando e sinalização

Os sistemas de sinalização foram criados desde o nascimento dos caminhos-de-ferro e nasceram da necessidade de se viajar em segurança. Com a evolução do tráfego, cada vez mais rápido e intenso, surgiu a criação de sistemas cada vez mais automatizados que permitem que hoje em dia se faça o controlo dos comandos dos equipamentos, assim como da sinalização, à distância.

Da mesma maneira como foram criadas linhas de bitola com valores diferentes, com os sistemas de sinalização aconteceu a mesma coisa, o que levou à existência de cerca de 20 sistemas existentes atualmente na Europa e que não são compatíveis entre si, chegando a haver países com sete sistemas diferentes.[20]

Com o advento da criação das linhas de alta velocidade, assim como da RTE-T, a União Europeia viu-se obrigada a criar um sistema único de comando-controlo e

sinalização com a finalidade de garantir a interoperabilidade no sistema ferroviário europeu, uma maior capacidade da infraestrutura, uma velocidade comercial mais elevada e uma segurança acrescida.

Foi assim criado um plano de implementação de um sistema uniforme de gestão de tráfego ferroviário ERTMS, European Rail Traffic Management System, que tem como objetivo substituir os 20 sistemas diferentes existentes atualmente na Europa. Um dos países que já dispõe de uma linha ferroviária totalmente interoperável é a Bélgica, que recorreu a uma solução desenvolvida pela Alstom Transport, o sistema Atlas.

Atualmente estão em exploração dois níveis de especificação, o nível 1 e o nível 2. No Nível 1 ilustrado na figura 6 a informação é transmitida ao comboio pelas euro-balizas, as quais estão ligadas à sinalização lateral através de um dispositivo eletrónico existente ao longo das vias (LEU – Line side Electronic Unit). Este envia as instruções de velocidade que o comboio deve respeitar sempre que se aproxima de uma baliza. Este nível é frequentemente utilizado como sobreposição aos sistemas de sinalização existentes e normalmente aplica-se a linhas de baixa ou média densidade de tráfego onde circulam comboios de passageiros e mercadorias, cuja velocidade máxima não exceda os 160 km/h.[20]

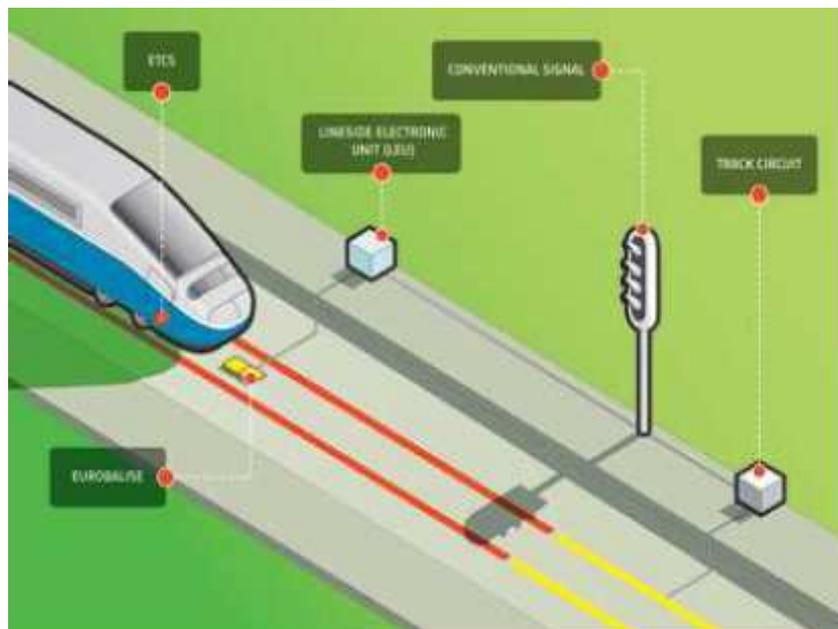


Figura 6 - Sistema ERTMS nível 1 [21]

O nível 2 da norma ERTMS ilustrado na figura 7 obriga a um estabelecimento de uma ligação de informação permanente entre um local fixo e a máquina, utilizando uma rede móvel do tipo GSM-R, através da utilização de frequências próprias apenas existentes em ambiente ferroviário. Este nível também utiliza as balizas, mas apenas para confirmar a posição do comboio que durante a sua viagem se encontra em permanente contato com a central através da utilização de um rádio chamado RBC. É através deste último sistema que se determina o posicionamento do comboio, assim como a gestão de tráfego em tempo real. Com a implementação deste sistema, deixa de ser necessária a existência dos sinais nas bermas, o que acaba por ser uma das suas grandes vantagens, pois permite a redução de custos de investimento e de manutenção. Para além disso, este nível foi criado para permitir a sua utilização em linhas de velocidade elevada, de Alta Velocidade e para linhas com uma densidade elevada de tráfego, uma vez que ao existir uma ligação permanente entre o comboio e a central, os intervalos entre dois comboios podem ser diminuídos mantendo o nível de segurança exigível para linhas desta natureza.

[20]

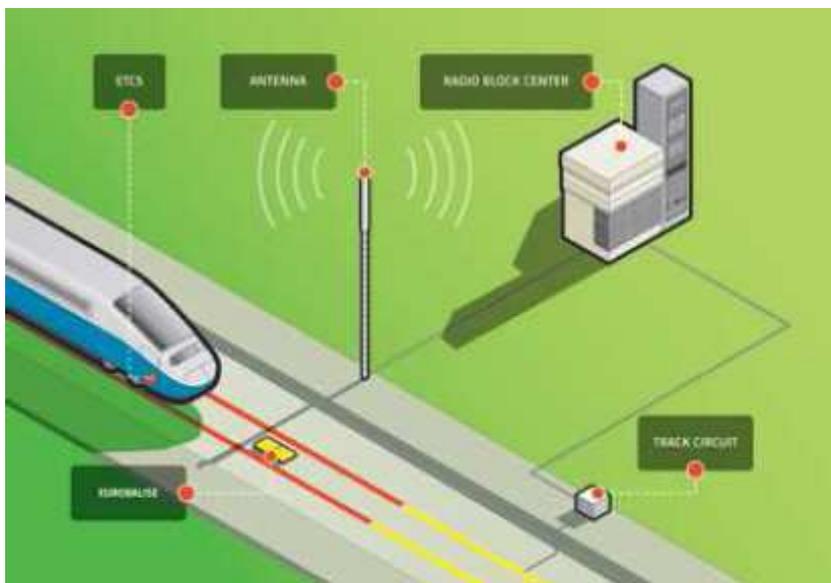


Figura 7 - Sistema ERTMS nível 2 [20]

Encontra-se a ser estudada a introdução de um sistema ERTMS nível 3, que neste momento está em fase experimental desde 2013 na linha entre Cagliari e Golfo Aranci Marittima em Itália. Este sistema abandona a existência dos tradicionais circuitos de via, deixando de existir cantões fixos com vários quilómetros para existir cantões móveis, que correspondem ao espaço ocupado naquele instante pelo

próprio comboio, com comprimentos consideravelmente mais curtos, permitindo a redução ainda maior da distância entre comboios.^[22]

No seguinte quadro pode-se apreciar uma pequena comparação das diferenças mais significantes entre os três sistemas ERTMS:

Quadro 1 - Quadro comparativo entre sistemas ERTMS [21]

	ETCS 1	ETCS 2	ETCS 3
Sinalização Lateral	Sim	Opcional	Não
Circuitos de Via	Sim	Sim	Não
Euro-balizas	Sim (muitas)	Sim (bastantes)	Sim (poucas)
GSM-R	Opcional	Sim	Sim
GPS/Galileu	Não	Não	Sim
Velocidade	160 Km/h	350 Km/h	500 Km/h
Frequência de Comboios	5,5 Minutos	2,5 Minutos	Muito alta

3.4 Material Circulante

Para existir interoperabilidade total numa linha de caminho-de-ferro, o material circulante também tem de se adaptar aos tipos de via por onde passa, ou seja, deverá estar preparado para percorrer todas as linhas por onde passa em condições de operabilidade e de segurança total.

A necessidade de implementação de um sistema ferroviário interoperável na Europa surgiu no início dos anos 90 com a introdução do comboio de Alta Velocidade Thalys igual ao da fotografia da figura 8, que estabelece a ligação entre as cidades de Bruxelas, Paris, Colónia e Amesterdão. Uma vez que nessas linhas não existia o problema da bitola, devido a ser utilizada a mesma bitola internacional nos países por onde passava a linha, assim como de alimentação elétrica, nessa altura um dos

maiores problemas era a transposição de linhas com sistemas diferentes de comunicação e sinalização. A solução para esta questão foi a incorporação, em cada locomotiva, dos sete sistemas de comunicação e sinalização diferentes, para interpretar as diferentes sinalizações dos quatro países (Bélgica, França, Alemanha e Holanda), ou seja, cada comboio estava equipado com sensores, antenas e periféricos específicos para cada um dos sistemas embarcados, o que fazia aumentar os custos de exploração e manutenção.[20]



Figura 8 - Comboio Thalys PBKA [23]

Em termos regulamentares, a interoperabilidade no subsistema material circulante encontra-se expressa em vários regulamentos, consoante se trata de vagões de mercadorias, carruagens de passageiros, locomotivas ou até relativamente ao ruído.

Em termos gerais, o que se encontra expresso é que para um determinado tipo de material circulante, que engloba locomotivas, unidades múltiplas, vagões e carruagens, ser interoperável, deverá cumprir certos requisitos essenciais que abrangem as áreas de segurança, fiabilidade e disponibilidade, saúde e compatibilidade técnica.

No campo da segurança, são enumerados diversos requisitos para que o material circulante, quando utilizado, circule em condições e segundo diversos âmbitos. O primeiro é relativo à estrutura do material circulante e ligações entre os veículos para que sejam projetados tendo em conta a proteção das áreas destinadas aos

passageiros e ao pessoal de condução em caso de colisão ou descarrilamento. Outro âmbito é relativo ao equipamento elétrico que não deve comprometer a segurança de funcionamento das instalações de controlo-comando e sinalização. O terceiro âmbito diz respeito à frenagem dos veículos cuja tecnologia deve ser compatível com a conceção das vias, das obras de arte e dos sistemas de sinalização. A segurança abrange também questões como o acesso aos componentes sob tensão, o funcionamento das portas de acesso, saídas de emergência e as instalações sonoras para transmitir informação aos passageiros

Relativamente à área de ambiente, todo o tipo de material circulante deverá, quer durante a sua utilização, quer durante a sua estadia em condições de estacionamento, cumprir os requisitos mínimos de ruído estabelecidos na ETI específica relativa à interoperabilidade do material circulante.

Na área de fiabilidade e disponibilidade são tratados requisitos que têm a ver com a conceção dos equipamentos do material circulante para que a sua degradação ao longo do tempo de utilização permita a manutenção da missão do comboio sem consequências para os equipamentos que se mantenham em serviço.

Por último, a compatibilidade técnica impõe exigências nos seguintes âmbitos:

- Compatibilização do material circulante com o funcionamento das instalações de controlo-comando e sinalização;
- Compatibilização entre os dispositivos de captação de corrente do material circulante com os sistemas de alimentação de energia do sistema ferroviário transeuropeu de alta velocidade;
- As características do material circulante devem permitir a sua circulação nas linhas em que esteja prevista a sua exploração.

Para além dos campos especificados anteriormente, existem outros tipos de requisitos igualmente aplicáveis dentro do material circulante.

O primeiro destes requisitos tem a ver com a utilização do material dentro do subsistema de infraestrutura, ou seja, critérios de interoperabilidade no âmbito do seu funcionamento quando passa dentro de estações, de túneis e, até, de transposição de linhas com bitolas de valores diferentes, conforme adiante nesta tese se descreve.

O segundo destes requisitos é o equipamento elétrico que permite a tração do material circulante pois deverá ter características que permitam passar nos interfaces entre diversos tipos de catenária descritos no ponto 3.2 da presente tese. Assim, os comboios devem ser explorados dentro da gama de tensões e de frequências indicadas anteriormente.

Hoje em dia, os fabricantes de material circulante já fabricam comboios que têm condições de transpor e percorrer linhas com os diversos tipos de alimentação elétrica especificados, como o comboio Talgo 250 e os S-120 e S-121 da CAF que se podem ver na figura 9 e que já são utilizados pela RENFE em Espanha com muito sucesso.



Figura 9 - Comboio CAF S-120 [24] e Talgo 250 [25]

4 O presente e o futuro das infraestruturas ferroviárias em Portugal e Espanha

Atualmente, na Europa, ainda existem numerosos estrangulamentos nos transportes e importa repensar uma série de problemas que surgem, com a finalidade de os solucionar para satisfazer da melhor maneira a necessidade de mobilidade dos cidadãos assim como do transporte de mercadorias.

Para isso, toda a rede de transportes existente na europa necessita primeiro de estar unida, segundo de ser atualizada ou aumentada, com o intuito de satisfazer as necessidades de transporte de quase todo o continente e dos seus cerca de 500 milhões de cidadãos.

Para além do transporte dos seus cidadãos, também importa resolver os problemas emergentes de estrangulamento para melhorar o transporte de mercadorias entre os diversos países europeus, e até dentro dos próprios países, com a finalidade de proporcionar ao continente condições para rivalizar com as melhores economias mundiais.

Transportando estas questões apenas para a Península Ibérica, e relativamente à via-férrea, verifica-se que existe ainda muito a realizar, uma vez que, quer de um lado, quer doutro da fronteira, existem diversos subsistemas de via com diversos tipos de tecnologia que urge compatibilizar com a finalidade de anular os estrangulamentos descritos.

Neste capítulo descreve-se o que existe de infraestrutura ferroviária em Portugal e em Espanha, incluindo as ligações com o resto da europa, assim como o que se encontra planeado relativamente a infraestruturas futuras, tendo como base os diversos planos estratégicos de transporte, de infraestruturas, e de mercadorias dos dois países.

4.1 Infraestrutura existente

4.1.1 Espanha

A rede ferroviária espanhola é composta hoje em dia por cerca de 15600 quilómetros de linha ferroviária totalmente administrada pela ADIF. Grande parte da rede existente é composta por linhas convencionais com bitola ibérica, mas também se encontram construídos 2344 km de linhas de altas prestações, ou de alta velocidade, já com bitola internacional e com velocidades de projeto superiores a 250 km/h, 1192 km de linha com bitola métrica no norte do país, assim como cerca de 810 km de linhas especialmente adaptadas para alta velocidade, com vias que permitem a utilização de comboios com diferentes bitolas. Da totalidade das linhas existentes, 2905 Km correspondem a linhas com via dupla eletrificada, enquanto em 5494 Km de linha os serviços são assegurados em via única e sem catenária.[26]

A rede de alta velocidade espanhola tem vindo a ser desenvolvida nos últimos 23 anos como um conceito de suporte básico do sistema de transporte nacional nos corredores de maior procura de viajantes. Desde 1992, quando foi posta ao serviço a linha de ligação de alta velocidade entre Madrid e Sevilha, a rede começou a ser transformada de maneira radical, alcançando neste momento o segundo lugar mundial em termos de qualidade de infraestrutura ferroviária, depois da China. Esta rede encontra-se dotada com bitola internacional, com 1435mm, em via dupla, com um sistema de alimentação elétrica de 25KV AC e seguindo as especificações técnicas de interoperabilidade europeias, permitindo a oferta de serviços ferroviários sem constrangimentos com a França, e por conseguinte, com o resto da rede ferroviária europeia. [25]

A rede convencional espanhola encontra-se estendida por todo o território do país e funciona como suporte de serviços ferroviários de diverso tipo:

- Serviços de transporte suburbanos até aos arredores das grandes aglomerações urbanas;
- Transporte de mercadorias;
- Serviços de âmbito regional;
- Serviços de meia distância em zonas servidas pela rede de alta velocidade.

Algumas das lacunas mais relevantes da situação atual da rede espanhola são os seguintes:

- As grandes diferenças de níveis de linha existentes em termos de qualidade e segurança;
- A existência de troços e linhas com défice de tráfego;

Existe também uma rede de 28 portos marítimos de bastante interesse económico, uma vez que a sua ligação à rede ferroviária será um dos grandes atrativos do desenvolvimento do transporte de mercadorias num futuro próximo. [27]

No mapa da figura 10 pode-se verificar a abrangência da rede ferroviária espanhola, assim como o tipo de linhas existente no país:



Figura 10 - Rede Ferroviária espanhola, situação atual [25]

De referir também que a rede ferroviária espanhola se encontra dotada com duas ligações a França:

- Em Irún, fazendo parte da rede convencional espanhola, em bitola ibérica e, portanto, sem existência de interoperabilidade;
- Em Port-Bou, que já faz parte da rede de Alta Velocidade Espanhola e que já se encontra dotada de tecnologia adaptada à rede europeia de transportes.

Assim como três ligações a Portugal:

- Em Tuy, fazendo hoje em dia parte da linha de ligação entre o Porto e Vigo;
- Em Fuentes de Oñoro, que hoje em dia permite a ligação de comboios a Lisboa;
- Em Valencia de Alcántara, que não é muito utilizada.

Relativamente ao transporte de mercadorias, a Espanha é o país com a menor cota modal de transporte por meio ferroviário entre os países mais importantes da união Europeia, além de ser aquele em que maior descida se verificou relativamente ao conjunto dos países descritos. Em 2010 a cota de mercado de transporte de mercadorias por meio ferroviário era de 4,1% havendo apenas dois países com índice mais baixo, a Grécia e a Itália, com 2,7% e 0,6% respetivamente.

Em 2009, apenas 5,2 % dos tráfegos terrestres ocorridos nos vinte e oito portos existentes no país se transportava em modo ferroviário sendo que, o que mais movimentava este tipo de meio, era o de Santander com uma cota de 22,5%.

Do total das 2.979.310 toneladas de transporte de mercadoria efetuadas por modo ferroviário de, e para, o exterior, o país que recebe ou envia mais mercadorias é a Alemanha com 1.328.368 toneladas, seguido de Portugal com 688.390 toneladas e em terceiro é a Bélgica com 390.489 toneladas. Comparando com as movimentações totais por estrada, que totalizam 132 milhões de toneladas, pode-se verificar o peso que têm os transportes ferroviários de mercadorias em Espanha para o exterior do país.[28]

Uma das causas para a existência de tão fraca utilização do transporte de mercadorias por meio ferroviário em Espanha encontra-se identificada, e tem a ver com uma falta de competitividade em matéria económica, uma vez que apesar do custo unitário da tonelada transportada por meio ferroviário em condições normais de exploração dever ser menor, a ineficiência da infraestrutura em termos de

interoperabilidade faz aumentar o tempo de transporte das mercadorias e origina um aumento do custo do transporte por esta via.

A falta de adequação do transporte ferroviário nas novas tendências logísticas, ou seja, falta de ligações às plataformas logísticas, também é apontada como uma das causas para a fraca utilização do transporte ferroviário.

No mapa da figura 11 encontra-se o mapa de Espanha com os grandes fluxos de tráfego de mercadorias em modo ferroviário no país, onde se pode verificar que existe um grande peso no transporte interno de mercadorias.

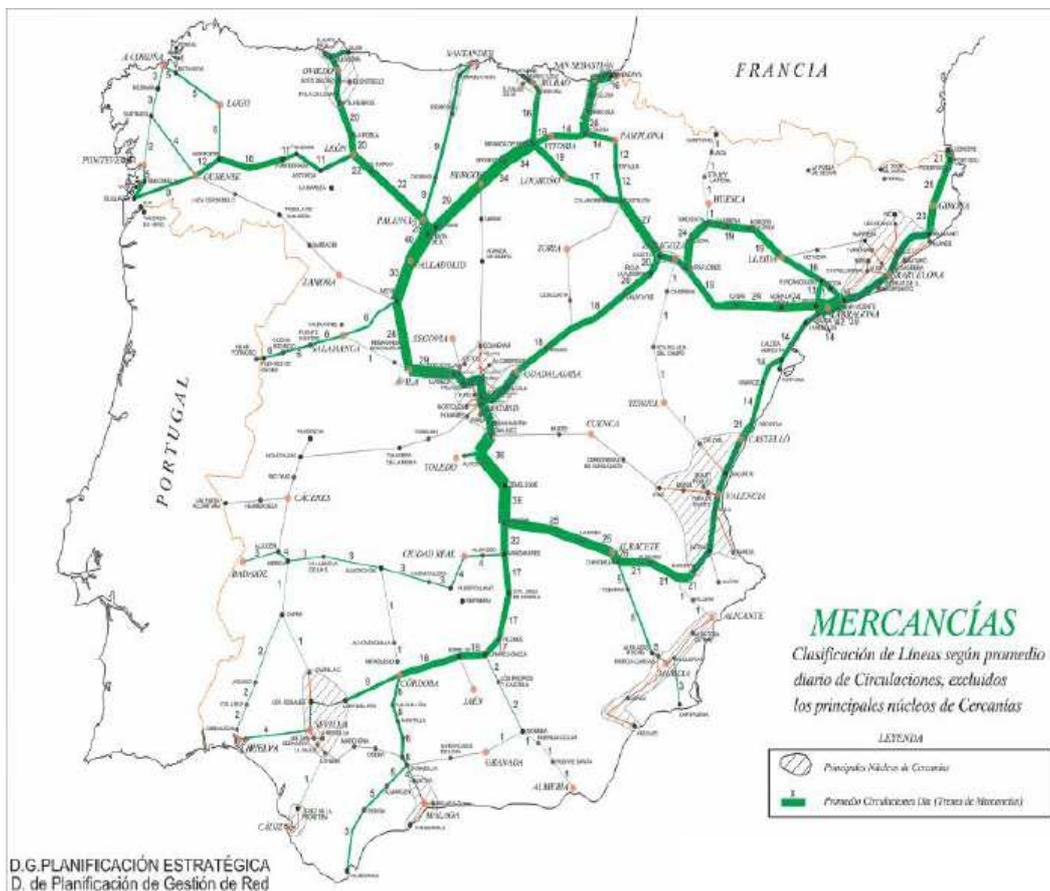


Figura 11 - Rede Ferroviária espanhola, fluxos de transporte de Mercadorias [27]

4.1.2 Portugal

Em Portugal, a gestão de toda a rede ferroviária existente é feita pela REFER (atualmente INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL), tendo como principais objetivos a manutenção de toda a infraestrutura, assim como a sua atualização.

A rede ferroviária nacional em exploração é composta hoje em dia por 2553 km de linha ferroviária, toda ela convencional. Grande parte das linhas em exploração, constituindo um total de 2440 km, encontram-se construídas em via com bitola ibérica, ou seja, de 1668 mm sendo os restantes 113 km em via estreita que correspondem às linhas do Vouga e do Tua. Dentro da totalidade da rede, 1942 km correspondem a troços de via única, sendo os restantes 611 km em linhas com duas ou mais vias.

A rede ferroviária portuguesa é constituída por 1634 km de rede eletrificada. Grande parte dessa rede, correspondendo a 1609 km, é constituída por uma alimentação elétrica de 25 KV em corrente alternada. Os restantes 25 km de linha eletrificada, que corresponde à linha de Cascais, são constituídos por linhas com alimentação elétrica de corrente contínua com 1500 Volts de corrente contínua. [29]

Relativamente à segurança, 1670 km de linha incluída na rede ferroviária portuguesa encontram-se equipados com sistema de controlo de velocidade “Convel Ericab 700”, assim como 1531 km encontram-se equipados com sistema de Rádio Solo-Comboio RSC com transferência de dados. [28]

À semelhança da rede espanhola, também na rede ferroviária portuguesa existe uma série de constrangimentos que se encontram identificados e são os seguintes:

- Degradação da Infraestrutura existente, originando uma cada vez maior redução de capacidade, afrouxamentos e reduções de velocidade;
- Grande parte do equipamento no final da sua vida útil, assim como se verifica utilização de muita tecnologia obsoleta;
- Ausência de eletrificação em algumas das linhas existentes;
- Falta de ligação eficiente dos principais portos e centros logísticos à Europa;
- Falta de ligação eficiente aos portos, plataformas logísticas e polos industriais;
- Fraca eficiência do transporte ferroviário de mercadorias, especialmente para as empresas exportadoras.

No mapa da figura 12 encontra-se representada a rede ferroviária existente em Portugal tendo em conta o tipo de via existente.

REFER

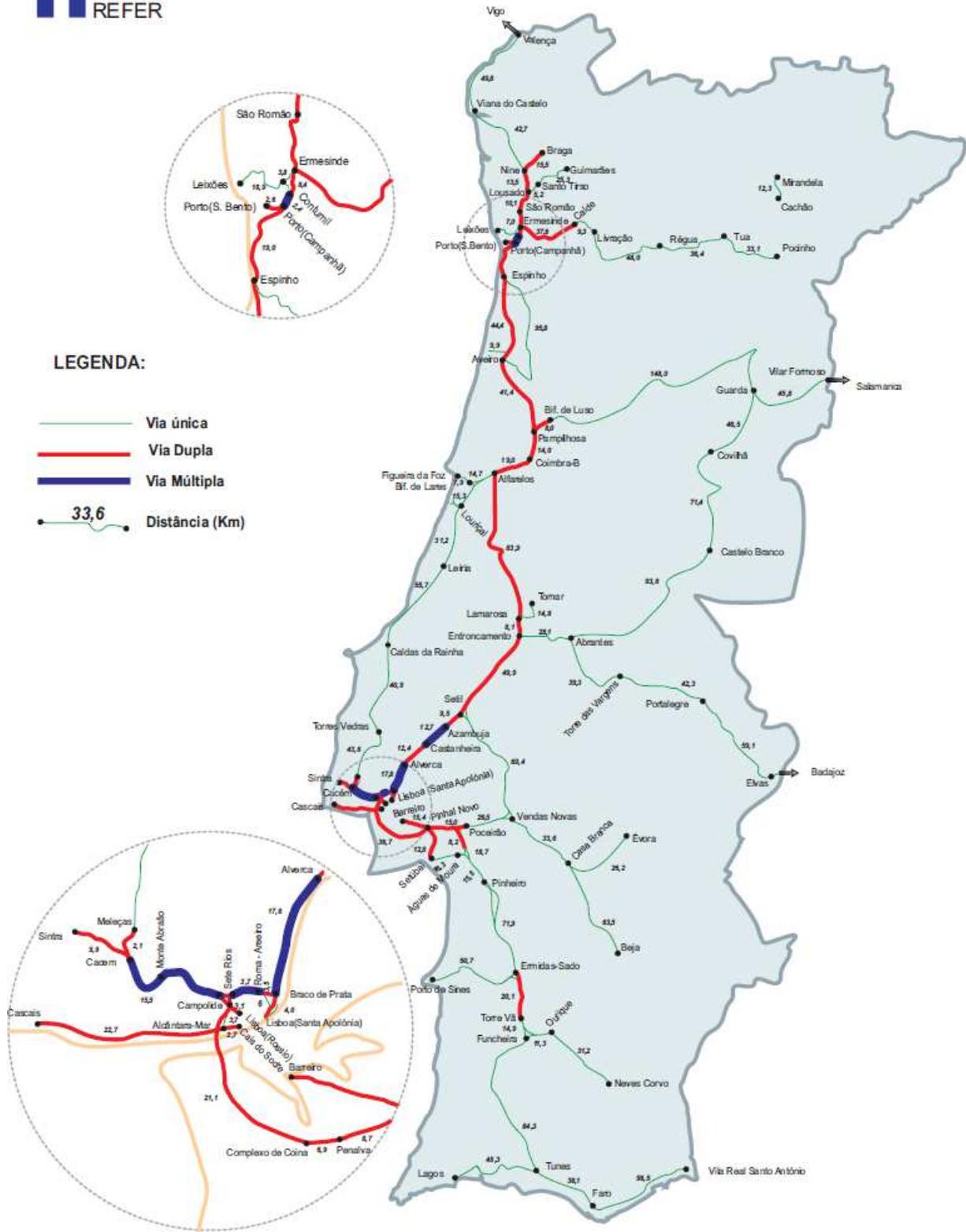


Figura 12 - Rede Ferroviária Portuguesa [28]

Conforme já foi descrito no ponto anterior, existem três ligações a Espanha, em Valença do Minho, em Vilar Formoso e em Elvas, que permitem a ligação da rede ao resto da Europa através do país vizinho.

Relativamente ao transporte de mercadorias, a rede ferroviária nacional serve neste momento cinco portos nacionais, Leixões, Aveiro, Lisboa, Setúbal e Sines. Esses portos encontram-se ligados às linhas do Norte, Beira Alta, Sul e Leste o que permite algumas ligações com o resto da Europa.

As linhas descritas integram o chamado Corredor Ferroviário nº 4³, cuja formação teve como objetivos principais aumentar a competitividade do transporte ferroviário de mercadorias, oferecendo mais capacidade, maior desempenho e melhor informação.

Tendo sido estabelecido através do Regulamento (EU) N.º 913/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho em 22 de setembro de 2010, este corredor permite a ligação dos portos portugueses de Sines/Setúbal/Lisboa/Aveiro/Leixões até Bordéus/Paris/Le Havre/Metz através das fronteiras em Vilar Formoso, Elvas e Irún em Espanha.

Será este corredor indicado no mapa da figura 13 que servirá de plataforma principal para os investimentos na infraestrutura ferroviária em Portugal, Espanha e França que adiante se irão descrever, com o objetivo de serem ultrapassadas as barreiras técnicas, promovendo a interoperabilidade e, por acréscimo, impulsionando a competitividade no setor ferroviário de transportes.

³ Também chamado de Corredor de Mercadorias nº 4



Figura 13 - Corredor Atlântico [30]

4.2 Projetos Prioritários

4.2.1 Europa

Hoje em dia, não se pode falar nos transportes dentro da União Europeia sem falar antes da criação da Rede Transeuropeia de Transportes, que permitiu uma melhoria do sistema de transportes e foi o ponto de partida para a contribuição para a coesão territorial e a construção de linhas ferroviárias de alta velocidade, assim como a renovação de outras linhas existentes.

Ainda assim, a rede europeia de transportes continua a ter carências que fazem com que a mesma ainda não seja eficiente.

Na União Europeia, o desenvolvimento do setor dos transportes terá de passar pelas seguintes orientações:

- Melhoramento do desempenho energético no transporte de pessoas e mercadorias;

- Otimização do funcionamento das cadeias logísticas multimodais, passando pela utilização de meios de transporte mais económicos em recursos como por exemplo no transporte de mercadorias de longo curso;
- Aumento da eficiência do sistema e da infraestrutura de transportes, através da utilização de sistemas tecnológicos mais atuais relativamente à informação e gestão de tráfego.

Em relação ao transporte ferroviário, deverá ser realizada uma mudança estrutural que possibilite concorrer com outros meios de transporte e aumentar a sua cota de mercado, especialmente no que ao transporte de mercadorias de longo curso diz respeito. Para isso, será necessário expandir e modernizar a rede ferroviária dos países da união, fazendo aumentar a sua capacidade assim como originar uma maior eficiência e rapidez no transporte de pessoas e mercadorias. [3]

Existe um plano de atuação para atingir objetivos que vão até ao ano de 2050 que, relativamente à rede ferroviária, são os seguintes:

- Transferir para o modo ferroviário até 2030, 30% do tráfego de mercadorias e até 2050, 50% do mesmo tráfego, em distâncias superiores a 300km;
- Completar a rede ferroviária de alta velocidade até 2050 e triplicá-la até 2030. Manter uma rede densa de vias férreas em todos os Estados-Membros;
- Ligar todos os aeroportos da rede de base à rede ferroviária, preferencialmente de AV e assegurar que todos os principais portos têm ligações suficientes ao sistema ferroviário.

Neste âmbito, a União Europeia estabeleceu uma lista de 21 projetos prioritários tendo em conta a facilitação do transporte, a otimização das infraestruturas já existentes, a obtenção de interoperabilidade entre os elementos da rede ferroviária e a preocupação ambiental, que se passam a enumerar: [3]

- Eixo ferroviário Berlim-Verona/Milão-Bolonha-Nápoles-Messina;
- Comboio de alta velocidade Paris-Bruxelas/Bruxelas-Colónia-Amesterdão-Londres;
- Eixo ferroviário de alta velocidade do sudoeste da Europa;

- Eixo ferroviário de alta velocidade Leste (incluindo a ligação Paris-Estrasburgo/Luxemburgo);
- Caminho-de-ferro clássico/transporte combinado ou linha de Betuwe;
- Eixo ferroviário Lyon-Trieste-Divaca/Koper-Ljubliana-Budapeste-fronteira ucraniana;
- Eixo multimodal Portugal/Espanha-resto da Europa;
- Eixo ferroviário Cork-Dublin-Belfast-Stranraer;
- Eixo ferroviário/rodoviário do triângulo nórdico;
- Ligação ferroviária West Coast main line;
- Eixo ferroviário de transporte de mercadorias através dos Pirenéus Sines/Algeciras-Madrid-Paris;
- Eixo ferroviário Paris-Stuttgart-Viena-Bratislava;
- Interoperabilidade da rede ferroviária de alta velocidade da Península Ibérica;
- Eixo ferroviário do Fehmarn Belt entre a Alemanha e a Dinamarca;
- Eixo ferroviário Atenas-Sófia-Budapeste-Viena-Praga-Nuremberga /Dresden;
- Eixo ferroviário Gdansk-Varsóvia-Brno/Bratislava-Viena;
- Eixo ferroviário Lyon/Genebra-Basileia-Duisburg-Roterdão/Antuérpia;
- Eixo ferroviário/rodoviário Irlanda/Reino Unido/Europa continental;
- Eixo ferroviário Rail Baltica Varsóvia-Kaunas-Riga-Tallinn -Helsínquia;
- Eurocaprail no eixo ferroviário Bruxelas-Luxemburgo-Estrasburgo;
- Eixo ferroviário do corredor intermodal mar Jónico/Adriático;

Dos projetos descritos, é de salientar a execução do eixo ferroviário de alta velocidade do Sudoeste da Europa e o eixo ferroviário de mercadorias Sines/Algeciras – Madrid – Paris devido a serem importantes para a Península Ibérica.

O objetivo fundamental, para além da melhoria das condições de transporte em modo ferroviário das populações, é a previsão dum aumento do tráfego de mercadorias na União europeia de cerca de 66% até 2020. [3]

4.2.2 Espanha

O país vizinho continua a realizar um esforço para melhorar a sua infraestrutura ferroviária sendo mesmo uma das opções estratégicas mais importantes do seu

governo. A ideia é o desenvolvimento de uma rede de Altas Prestações, ou seja, de Alta Velocidade que abranja de uma maneira equilibrada todo o território do país assim como o aproveitamento da rede descrita para a sua utilização para transporte de mercadorias, apostando no tráfego misto na infraestrutura.

Existe também uma diretiva no Plano Estratégico Espanhol para o desenvolvimento das relações transfronteiriças com os países vizinhos, ou seja, com Portugal e França tendo em conta a importância do estabelecimento de ligações ferroviárias nessas zonas em condições de interoperabilidade.

Um dos objetivos do plano espanhol relativamente ao melhoramento da sua rede ferroviária é o estabelecimento de uma rede de Alta Velocidade conforme as diretivas comunitárias vigentes, nomeadamente tendo em conta a interoperabilidade do sistema de transporte ferroviário europeu.

A rede, que será projetada para um tráfego de passageiros e de mercadorias, incluirá o estabelecimento de ligações transfronteiriças em condições de interoperabilidade.

Paralelamente à melhoria da rede de Alta Velocidade, será criada uma estratégia para aumentar a participação do transporte de mercadorias de média e grande distância, tendo em conta a melhoria da qualidade da infraestrutura.

Será também definida uma rede de transporte ferroviário de mercadorias que também satisfaça os requisitos da diretiva europeia relativamente à interoperabilidade do sistema ferroviário convencional que proporcionará a alimentação dos corredores mais importantes da rede e que ligará às plataformas logísticas e aos portos. [26]

Continuação da definição de uma estratégia de política de mudança de bitola na rede convencional, coerente com o desenvolvimento da rede ferroviária e com o objetivo de assegurar a interoperabilidade com a rede europeia.

Tendo em conta o descrito, as prioridades do país passam pela finalização dos corredores atualmente em construção, especialmente os relativos à rede de Alta Velocidade, assim como a otimização das infraestruturas fronteiriças de mercadorias e sua compatibilização com o horizonte de interoperabilidade.

Tudo para que em 2020 sejam melhorados os serviços prestados no transporte de passageiros e mercadorias tendo em conta os objetivos prioritários que se passam a descrever:

- Interoperabilidade plena nas ligações ferroviárias com a rede francesa na zona da fronteira;
- Finalização do processo de alteração da bitola nas linhas existentes no quadrante Nordeste do país e continuação do mesmo no resto da rede;
- Colocação ao serviço de novos eixos de altas prestações, nomeadamente a ligação a Badajoz no âmbito da ligação à fronteira com Portugal;
- Implementação no conjunto do sistema ferroviário espanhol de condições adequadas de serviço e de interoperabilidade em cumprimento com as especificações técnicas de interoperabilidade europeias de Alta Velocidade e de Linhas Convencionais.

Para além disso, existe um esforço espanhol para incorporar as condições de interoperabilidade exigidas nas ETI que contempla a alteração paulatina e coordenada da bitola existente para a UIC em toda a rede, prevendo uma adequada compatibilidade nas condições de circulação entre as linhas existentes e as novas linhas a construir, assim como prevê a adoção de normas e protocolos de exploração coordenados com os países vizinhos.

A incorporação das exigências de interoperabilidade deverá fazer-se respeitando as condições da rede ferroviária existente, de maneira a que as alterações a realizar nas mesmas como nas novas linhas permitam a maior compatibilidade entre ambas e possibilitem transferir para grande parte do território espanhol uma maior qualidade no serviço assim como ganhos de tempo no transporte de pessoas e bens. [26]

De referir que no âmbito das ligações transfronteiriças, e que trarão melhorias à RTE-T, encontra-se prevista a realização de 4 ligações à fronteira portuguesa em rede de Alta Velocidade, uma em Tuy incluída na linha proveniente de Vigo, uma em Fuentes de Oñoro incluída na linha proveniente de Salamanca e que ligará à linha da Beira Alta, uma em Badajoz incluída na linha Madrid-Cáceres-Badajoz e por fim uma em Ayamonte que realizará a ligação entre a linha do Algarve e a linha Sevilha-

Huelva. No mapa da figura 14 encontra-se descrito toda a infraestrutura que se encontra prevista realizar até 2020, em termos de Alta Velocidade e de Linhas Convencionais.



Figura 14 - Rede Ferroviária Espanhola, horizonte 2020 [26]

Relativamente ao transporte de mercadorias existem vários pontos de atuação a considerar para originar um aumento da cota de transporte ferroviário comparando com outros modos: [26]

- Diminuição do tempo de viagem nas diversas ligações existentes pelo que, sendo a questão do aumento da velocidade um fator importante, encontra-se intimamente ligado ao aumento da qualidade do serviço prestado em termos de condições da infraestrutura, ou seja, com a remodelação da rede existente, especialmente com o aumento da rede de alta velocidade, originará uma diminuição do tempo de viagem derivado do aumento de qualidade do serviço prestado em termos de infraestrutura;
- No âmbito externo, para além do aumento da qualidade do serviço prestado em termos de infraestrutura, é essencial a existência de interoperabilidade entre a rede espanhola e a rede francesa para proporcionar o desenvolvimento de serviços internacionais de transporte de mercadorias em modo ferroviário;

- Reforço da acessibilidade ferroviária aos portos para criar uma maior intermodalidade em termos de transporte marítimo e ferroviário;
- Integração da rede ferroviária de mercadorias na rede de plataformas logísticas terrestres existentes e planificadas.

4.2.3 Portugal

Conforme é do conhecimento geral, Portugal vive um período de grandes dificuldades económicas, resultado de fortes desequilíbrios existentes nas contas públicas e na nossa economia.

Tendo em conta o descrito, será importante que o investimento em novas infraestruturas, e que será público, se estabeleça sob critérios financeiros rigorosos, assim como é essencial que as novas infraestruturas sejam proveitosas para o país e a criação de ligações internacionais sem constrangimentos é extremamente importante para a melhoria da rede existente.

Para isso, a criação de uma rede de transporte e infraestruturas totalmente integrada na RTE-T, promovendo o mercado único europeu e a circulação de pessoas e bens será essencial para o crescimento económico do país.

Para além disso, deverá ser criada uma rede de transportes virada para aumentar a competitividade do país, que originará um aumento da produção e exportação para os países da União Europeia.

Sendo o turismo um setor bastante importante em termos de crescimento económico do país, melhorar a sua rede de transportes será bastante importante para o crescimento económico do país.

É também essencial que a rede de transportes abranja todo o território nacional com o objetivo de favorecer a coesão social e territorial.

Em termos de rede ferroviária, o objetivo encontra-se estabelecido e será o seguinte:

[31]

- Criação de uma rede ferroviária pertencente à RTE-T em bitola europeia totalmente eletrificada a 25 KV AC, com sinalização ERTMS e com capacidade para circulação de comboios de mercadorias de 750 m e 1400 ton;

- Ligação da rede ferroviária à rede de plataformas logísticas e portos marítimos nacionais existente ou planeada.

Tendo em conta os objetivos principais de melhoramento da rede de transportes, foram estabelecidos 5 corredores principais que coincidem com 5 dos 6 eixos de desenvolvimento prioritários no setor, o corredor da fachada atlântica, o corredor internacional norte, o corredor internacional sul, o corredor do algarve e o corredor do interior, conforme estabelecido no mapa da figura 15.

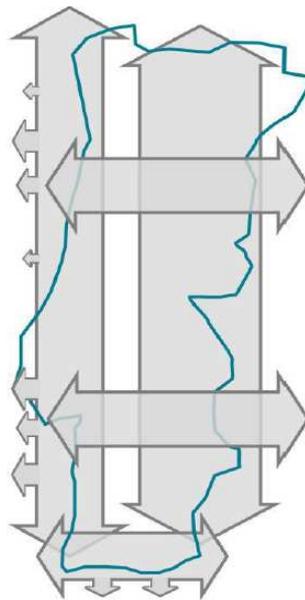


Figura 15 - Corredores de desenvolvimento ^[30]

Em termos de investimentos prioritários, de referir que dos cerca de 6067 milhões de euros a realizar, 2639 milhões de euros destinam-se ao setor de transporte ferroviário, o que demonstra uma forte aposta no desenvolvimento da rede ferroviária do país, por se tratar de vias que irão ser de grande valor acrescentado para as exportações nacionais.

No mapa da figura 16 encontra-se uma descrição resumo dos projetos de investimento prioritários a realizar até 2020.

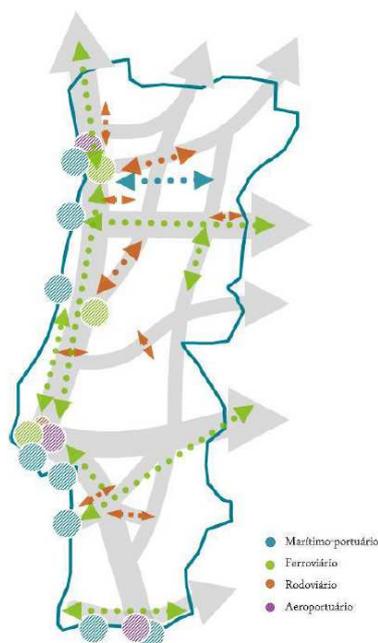


Figura 16 - Resumo dos projetos de investimento prioritários 2014-2020 e corredores principais [30]

O presente plano de investimentos tem como objetivo principal a modernização geral da rede existente, existindo também alguns investimentos previstos na sua ampliação, prevendo-se que no ano 2020 a rede tenha as características descritas no quadro seguinte, comparadas com a infraestrutura existente em 2013:

Quadro 2 - Características da rede ferroviária nacional em 2013 vs 2020/22 [30]

Rede Ferroviária Nacional (*)	2013		2020/2022	
	Extensão (km)	(%)	Extensão (km)	(%)
Rede Ferroviária Nacional (*)	2.429	100%	2.582	100%
Rede Eletrificada	1.629	67%	2.370	92%
Rede com sistema de sinalização eletrónica e elétrica	1.740	72%	2.288	89%
Rede com sistema de sinalização mecânica	689	28%	294	11%
Rede com sistema de controlo de velocidade (convel)	1.516	62%	1.431	55%
Rede com sistema ETCS emulado com sistema nacional (convel)	147	6%	704	27%
Rede com sistema ETCS	0	0%	377	15%
Rede com sistema de telecomunicações rádio solo-comboio	1.506	62%	1.506	58%
Rede com sistema GSM-R	0	0%	486	19%

* Excluindo a rede de bitola ibérica (112 km)

Isto tudo com os objetivos finais de aumentar em 15% o n.º de passageiros.km transportados nos serviços públicos de transporte coletivo, assim como incrementar em 40% o número de toneladas.km de mercadoria transportada em modo ferroviário.

4.2.3.1 Corredor da fachada Atlântica

O corredor da fachada atlântica é composto pela ligação da Galiza ao arco metropolitano do Porto, vai até ao arco metropolitano de Lisboa e liga por último ao Algarve junto à costa atlântica do país.

Este eixo inclui os principais portos existentes no país, assim como dois aeroportos importantes e as mais importantes plataformas logísticas do continente. É também composto pelas duas cidades mais importantes de Portugal.

Em termos ferroviários o objetivo será a consolidação do corredor da RTE-T principal e global Vigo-Porto-Lisboa-Setúbal-Sines e Caldas da Rainha-Lisboa devendo ser implementados os seguintes projetos:

- Conclusão do plano de modernização da Linha do Norte, eixo ferroviário principal do país em termos de transporte de pessoas e mercadorias;
- Modernização da Linha do Oeste para permitir o aumento de velocidades comerciais, com o objetivo de originar uma verdadeira alternativa à linha do Norte;
- Modernização da Linha do Minho que faz a ligação entre Nine e Valença, Ermesinde e Contumil, o ramal Secil na Trofa e o ramal particular SN Longos da Maia;
- Modernização da Linha do Sul, nomeadamente a ligação entre o Porto de Setúbal e Praias do Sado;
- Renovação das ligações aos terminais do Porto de Leixões e terminal da Termitrena.

As intervenções a desenvolver na Linha do Minho incluem a ligação entre Valença e a fronteira para permitir a ligação à linha que vai para Vigo na parte espanhola. Esta ligação será desenvolvida em articulação com Espanha, garantindo a interoperabilidade ferroviária ao longo de todo o corredor entre Porto e Vigo. [30]

4.2.3.2 Corredor Internacional Norte

O corredor internacional Norte é constituído pelo arco metropolitano do Porto e faz a ligação a Salamanca através da fronteira em Vilar Formoso. Em termos de rede ferroviária, para além das linhas urbanas da área metropolitana do Porto, este corredor é constituído pela linha do Norte Porto-Aveiro e pela linha da Beira Alta que faz a ligação entre Aveiro e Vilar Formoso.

Em termos de planeamento estratégico este corredor é bastante importante porque a linha da Beira Alta será um dos eixos a utilizar para o transporte de mercadorias para o resto da Europa pelo que se tornará importantíssimo não só para as nossas exportações, mas também como linha de entrada de mercadorias dentro da União Europeia através dos portos de Aveiro e de Leixões.

Em termos gerais, prevê-se a consolidação do corredor ferroviário da RTE-T principal Porto/Aveiro-Vilar Formoso e o fecho da malha ferroviária RTE-T Covilhã-Guarda. [30]

Dentro dos projetos a concretizar em termos de rede ferroviária, destacam-se os seguintes:

- Modernização das linhas que fazem parte do corredor Aveiro/Leixões-Vilar Formoso, da Linha da Beira Alta incluindo o ramal do Porto de Aveiro e ligação entre a Pampilhosa e Vilar Formoso;
- Modernização do troço Covilhã-Guarda da Linha da Beira Baixa.

As intervenções a desenvolver deverão assegurar a interoperabilidade ferroviária, nomeadamente dotando a linha da Beira Alta de uma infraestrutura em via algaliada que permita a circulação na mesma via de comboios com Bitola Europeia, de 1435mm, e com Bitola Ibérica, com 1668 mm. [30]

4.2.3.3 Corredor Internacional Sul

O corredor é composto por todas as vias de comunicação que ligam a área metropolitana de Lisboa, incluindo portos de Sines, Setúbal e Lisboa a Madrid e, por conseguinte, ao resto da Europa.

À semelhança do corredor internacional Norte, este corredor será também bastante importante em termos de planeamento estratégico, uma vez que ligará os portos de

Sines, Lisboa e Setúbal ao resto da Europa com o objetivo de desenvolver o transporte de mercadorias.

Na sua generalidade, em termos de rede ferroviária, prevê-se a melhoria das ligações dos portos descritos e plataformas logísticas ao centro da Península Ibérica e resto da Europa.

Em termos de projetos a realizar, prevê-se a conclusão da ligação do corredor Sines/Setúbal/Lisboa até fronteira com Espanha em Caia, especialmente a execução de dois novos troços de linha, nomeadamente a ligação entre Sines e Grândola Norte e a ligação entre Évora e Caia, assim como a modernização de troços já existentes. [30]

Este corredor deverá assegurar condições de interoperabilidade ferroviária uma vez que se pretende a sua ligação à linha de Alta Velocidade Espanhola em construção entre Madrid e Badajoz. Prevê-se também a implementação gradual da bitola europeia em todo o corredor, assim como a eletrificação total das linhas e a incorporação de sinalização eletrónica ETCS.

4.2.3.4 Corredor do Algarve

O corredor do Algarve é importante em termos estratégicos uma vez que une horizontalmente toda essa região que é bastante importante para o setor do turismo.

Em termos de rede ferroviária, encontra-se prevista a modernização da linha do Algarve constituída pela ligação Lagos-Tunes-Vila Real de Santo António, assim como a realização de uma ligação direta entre o aeroporto de Faro e a linha do Algarve. [30]

4.2.3.5 Corredor do Interior

O corredor do interior é composto por todas as vias de comunicações de norte a sul existentes que realizam ligações apenas ao interior do país.

São vias estratégicas para o desenvolvimento do interior do país e para evitar o isolamento das populações.

Dentro dos objetivos prioritários, encontra-se o desenvolvimento de alguns troços da linha do Douro, nomeadamente Caíde-Marco de Canavezes, Marco-Régua e Régua-Pocinho, da Linha do Vouga e do ramal de Neves Corvo na Linha do Sul. [30]

5 Estudo e Comparação das Soluções

Uma das primeiras questões levantadas pelos técnicos de via para ultrapassar as barreiras existentes relativamente à rede ferroviária europeia foi como proceder à compatibilização de ligações entre duas vias de bitola com valores diferentes como fazer um comboio atravessar essa zona em condições de interoperabilidade conforme se encontra descrito na diretiva europeia, ou seja, sem interrupções de circulação nem paragem dos comboios.

Até meados do século passado, as únicas soluções existentes não se baseavam no conceito de interoperabilidade descrito, ou seja, todos os comboios tinham de parar a sua marcha para transferir pessoas ou bens, uma vez que passavam por realizar as seguintes tarefas:

- Transferência de passageiros ou mercadorias entre comboios situados em diferentes linhas;
- Proceder à mudança de bogies dos comboios em estruturas construídas para o efeito;
- Mudança de eixo dos vagões.

Soluções essas que traziam sempre problemas, uma vez que exigiam trabalhos demorados e/ou inconveniente aos utilizadores do transporte ferroviário.

Falando no caso da Península Ibérica, embora existissem dentro da rede de cada país pontos de coexistência de diferentes bitolas, normalmente coincidindo com zonas de estações conforme se pode ver na fotografia da figura 17, também existiam outros pontos onde a resolução deste tipo de problemática é mais importante e que se situavam na fronteira entre Espanha e França, onde existem dois arcos de rede, um entre Irún e Hendaye e outro entre Port-Bou e Cerbère, com essas características.

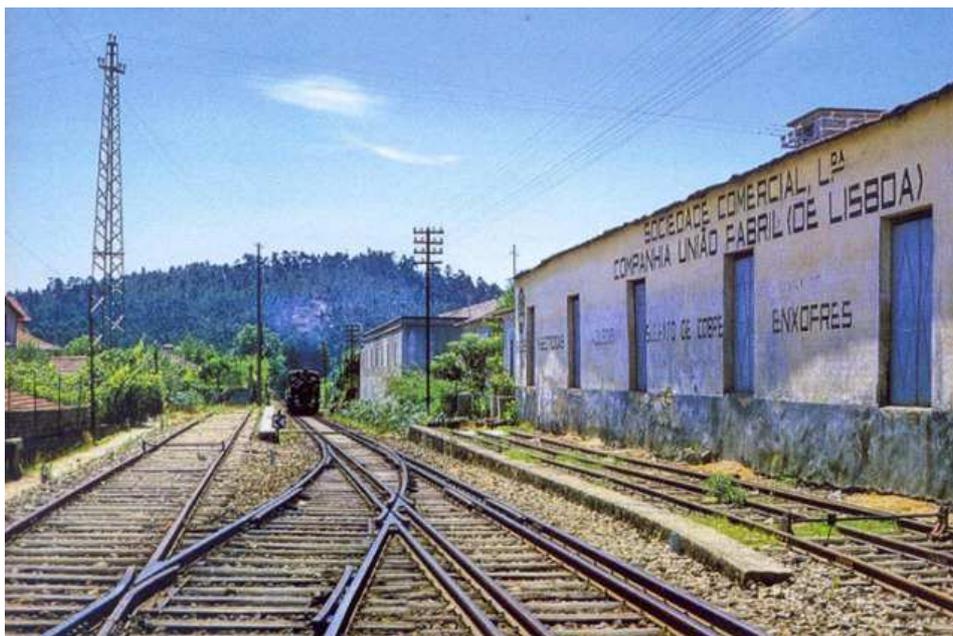


Figura 17 - Coexistência entre vias de bitola com valores diferentes na antiga estação de Famalicão [32]

Com a introdução de uma filosofia de implementação de uma RTE-T sem barreiras, estes pontos de fronteira tornaram-se muito importantes para o estudo de soluções que permitissem a passagem de comboios em condições de interoperabilidade, sendo essa a razão pela qual Espanha é um dos países com maior tradição na resolução deste tipo de problema, existindo já exemplos de linhas onde se encontram em serviço as duas soluções objeto da presente tese que se passam a descrever:

- Implementação de vias algaliadas, ou seja, via com três ou quatro carris que permitem a passagem de comboios para vias de bitola com valores diferentes;
- Mudança de bitola dos eixos do material circulante através da passagem dos comboios por Aparelhos de Mudança de Bitola;

Estas soluções, para além de permitirem a interoperabilidade entre linhas, poderão servir de opção para serem aplicadas nas ligações fronteiriças entre Portugal e Espanha quando a Linha de AV da rede espanhola chegar à fronteira ou até dentro de Portugal em casos de ligação entre linhas de bitola internacional e de bitola ibérica que caracteriza a rede ferroviária Portuguesa.

Tendo em conta a facilitação da interoperabilidade futura na ligação às várias linhas da rede ferroviária portuguesa, existe desde início da última década um plano definido pela REFER para se ir migrando da bitola ibérica existente para a internacional. Para isso, em todas as renovações de via efetuadas a partir daí, foram instaladas travessas polivalentes que permitem facilmente a alteração da bitola das linhas, bastando para isso alterar o posicionamento dos carris.

5.1 Mudança de Bitola do Material Circulante

A mudança de bitola do material circulante executa-se através de uma operação automática ou semiautomática que permita modificar a bitola de uma máquina e/ou vagão ferroviário através dum aparelho especial denominado de Aparelho de Mudança de Bitola.

O Aparelho de Mudança de Bitola, normalmente encontra-se numa instalação própria em forma de nave onde entra uma linha com uma determinada bitola e sai uma linha com outra bitola.

Os comboios utilizados encontram-se especialmente preparados para permitirem a mudança de bitola, ou seja, encontram-se equipados com eixos telescópicos que, juntamente com o AMB existente dentro da nave, permitem a translação dos rodados dos comboios, procedendo-se assim à mudança de bitola. [33]

5.1.1 Evolução Histórica dos AMB

O aparecimento dos Aparelhos de Mudança de Bitola surge de uma necessidade espanhola de acabar com o isolamento existente em 1960 na sua rede ferroviária com o resto do continente Europeu.

Para isso, em 1966, a RENFE procedeu sob o auspício da União Internacional dos Caminhos-de-Ferro (UIC) ao lançamento dum concurso internacional para “Projetos de bogies com eixo de bitolas variáveis para composições de transporte de passageiros capazes de serem utilizados na via espanhola, com bitola ibérica, e nas linhas europeias, de bitola internacional, através de uma passagem por uma instalação apropriada. [7]

Em 1 de Abril de 1967 foram entregues 43 projetos a uma comissão constituída por técnicos que representavam a UIC e a RENFE, que no dia 11 de março de 1968 deliberou as seguintes posições no concurso:

- Primeiro lugar ao “Atelier de Construções Mecânicas de Vevey” da Suíça;
- Segundo lugar à Oficina Geral de Engenharia de Sevilha;

Neste concurso, foram também entregues menções honrosas à Sociedade RAV, S.A. de Genebra; a Transportmaschinen export-import (DR IV), Deutscher Innen-Und Aussenhandel, de Berlin (DDR); a Schindler Wagons S.A., Pratteln, empresa suíça; e a Patentes Talgo S.A., Madrid (Espanha) pelo sistema RD apresentado fora do concurso já que o mesmo era apenas para tecnologia de eixos montados nos veículos e o sistema da Talgo não dava soluções para os eixos.

O sistema Vevey foi logo rejeitado uma vez que não conseguiu superar as primeiras provas de ensaio. O sistema O.G.I. consegue superar os primeiros ensaios, mas foi abandonado pouco depois devido a motivos económicos assim como devido a uma rápida evolução do sistema da Talgo que, entretanto, se tinha mostrado de uma grande eficiência.

O primeiro sistema automático de mudança de bitola desenvolvido pela Talgo, o Talgo RD, denominado assim por ser um “Sistema de Rodas Deslocáveis”, foi patenteado no dia 19 de outubro de 1966, depois de ser lançado o concurso aberto pela RENFE e UIC, mas antes de se saber o resultado do concurso. [7]

Em 1967 fizeram-se ensaios com protótipos de tamanho real e, superadas essas provas, que duraram um ano, instalaram-se os eixos RD da figura 18 em quatro carruagens de bitola internacional que foram construídas propositadamente para este efeito e por encargo da Talgo, para formação do comboio experimental.

O primeiro aparelho de mudança de bitola foi instalado na fábrica da Talgo de Aravanca, onde se realizaram os ensaios com o comboio experimental. Após várias experiências, no dia 12 de novembro de 1968 realizou-se a primeira viagem dum comboio deste tipo entre Madrid e Paris que passou através dum AMB entretanto instalado em Irún, junto à fronteira com França.

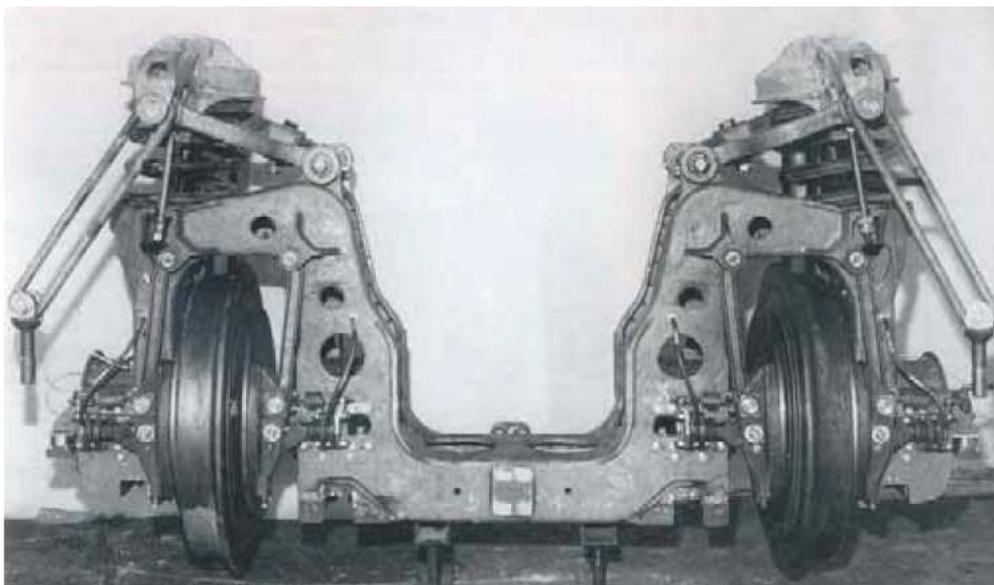


Figura 18 - Eixo de um comboio Talgo III com o sistema RD ^[7]

A partir daí, este sistema continuou a ser utilizado até que, em 1992, no âmbito da elaboração do Plano Diretor de Infraestruturas Espanhol, o Ministério das Obras Publicas do país procedeu à criação duma comissão para efetuar uma análise técnica relativamente aos sistemas de eixos ferroviários de bitola variável, assim como de analisar a situação atual com a finalidade de estabelecer diretivas para um posterior desenvolvimento da infraestrutura e da tecnologia adotada.

Tendo em conta o futuro desenvolvimento da rede ferroviária espanhola, considerava-se conveniente quer a colaboração no desenvolvimento de outros sistemas de mudança de bitola com o intuito de estudar outras tecnologias que fornecessem soluções de compatibilidade técnica entre as diversas redes ferroviárias.

Ao longo de dois anos, a comissão foi recebendo informações relativamente ao estudo das tecnologias existentes da OGI, RAV, TALGO, SANZ até que, no seguimento de uma intensa análise aos diferentes tipos de sistemas estudados, ficaram aprovados os sistemas da OGI, da RAV e da TALGO.

Em 1994, depois de analisar toda a documentação dos três sistemas aprovados, a comissão chegou às seguintes conclusões:

- As três soluções finais foram consideradas válidas para a execução de uma mudança de bitola dos eixos do material circulante;

- A solução OGI era a que se encontrava mais avançada no seu processo de homologação e, por conseguinte, poderia mais rapidamente ser implantada para exploração. Contudo, era a solução que exigia uma fabricação mais complexa;
- A solução da TALGO, por ter mínimas diferenças relativamente à que já se encontrava em exploração desde 1968, exigia apenas uma homologação centrada nas alterações existentes, podendo o processo ter uma duração reduzida;
- A solução da RAV necessitaria de um processo completo de homologação e por isso, era a que exigia mais tempo até poder ser aprovada para exploração.

No quadro seguinte encontram-se as diferenças entre as três tecnologias:

Quadro 3 - Resumo do estudo efetuado em 1992-94 [7]

	TALGO	OGI	RAV
Compatibilidade com bogies existentes no país	Sim	Sim	Sim
Reutilização dos eixos do parque convencional	Não	Não	Não
Reutilização das rodas do parque convencional	Sim	Não	Sim
Mudança de bitola em carga	Não	Sim	Não
Rolamento auxiliar durante a mudança de bitola	Não	Não	Sim
Fixação das rodas para absorção de esforços de travagem e tração	Por arrasto	Compasses	Parafusos
Design mecânico	Simple	Menos simples	Simple
Sobrepeso (kg/eixo)	315/325	500/600	300/350
Mecanização	Simple	Fina	Média
Tipo de frenagem	Zapata	Zapata	Zapata
Possibilidade de montagem de freio de disco	Possível	Possível	Possível
Proteções exteriores	Boa	Média	Média
Manutenção	Baixa	Baixa	Alta
Estado de desenvolvimento	Alto	Muito alto	Baixo
Estado de experimentação	Médio/Alto	Alto	Baixo

No seguimento do estudo efetuado, a RENFE optou pela instalação de tecnologia da Talgo até ao ano 2001, ano em que começou a ser utilizado outro sistema desenvolvido pela empresa CAF, o BRAVA, “Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado”, ou seja, bogies de rodados de bitola variáveis autopropulsionados.

Entretanto, no resto da Europa também se desenvolvia outro sistema para resolver também a barreira criada pela diferença de bitola existente entre as linhas da Europa central e da Europa de Leste, com 1435 mm e 1520 mm respetivamente, nomeadamente entre a Polónia e a Ucrânia.

Tendo em conta o objetivo estabelecido de compatibilizar as ligações entre esses dois tipos de linha em condições de interoperabilidade, no ano 2000 foi instalado um sistema desenvolvido pela empresa ZNTK Poznań para a rede ferroviária polaca denominado SUW 2000.

A implementação do sistema foi precedida por uma pesquisa numa linha de teste em Varsóvia. Após conclusão dos testes em agosto de 2000, a documentação técnica foi submetida à UIC para provar a conformidade com as especificações internacionais.

O êxito da primeira experiência foi tão grande que o SUW 2000 foi incorporado noutras linhas, estando neste momento em exploração em três eixos ferroviários: Varsóvia – Vilnius, Cracóvia – Kiev e Varsóvia – Minsk – Moscovo. [34]

Com o aparecimento das primeiras linhas de alta velocidade espanholas construídas em bitola internacional de 1435 mm, surgiu a necessidade de as ligar às convencionais já existentes, ultrapassando novas barreiras que antigamente apenas existiam nas fronteiras.

Exemplo disso foi a nova linha de AV entre Madrid e Sevilha em 1992, pois os espanhóis achavam essencial que alguns serviços com comboios que permitissem uma maior velocidade fossem efetuados a outras cidades que tinha apenas acessos através de linhas convencionais, aproveitando o aumento de qualidade de serviço das linhas de AV e das novas máquinas entretanto adquiridas.

Assim, naquela linha foram construídos novos AMB em Córdoba para permitir que os comboios Talgo 200 realizarem o serviço desde Madrid até Málaga e a Algeciras. Ao mesmo tempo foram também instalados AMB em Majabrique, perto de Sevilha, para

permitir o serviço entre Madrid e Cádiz, assim como em Madrid-Puerta de Atocha, para permitir as ligações entre Barcelona e Sevilha.

A instalação destes AMB permitiu reduções consideráveis de tempo de percurso nos serviços descritos, chegando a diferenças de 2 horas na ligação entre Madrid e Málaga.

A partir de 1992, estas soluções de compatibilização de ligação entre linhas com diferente bitola têm sido adotadas em Espanha sempre que se constroem novos troços de linha de AV e sempre que haja necessidade de as ligar às linhas convencionais, tendo havido algum avanço tecnológico nesta área que passamos a descrever nos pontos seguintes.

5.1.2 Evolução Técnica dos Sistemas

5.1.2.1 Aparelhos de Primeira Geração

Os primeiros aparelhos de mudança de bitola instalados na fronteira entre Espanha e França para a passagem dos comboios Talgo de rodas deslocáveis, o chamado Talgo RD, foram denominados como aparelhos de primeira geração.

Neste sistema, o eixo é levantado para que as rodas fiquem soltas, umas peças metálicas abrem os bloqueios e umas guias que compõem o aparelho provocam a movimentação das rodas, que já se encontram livres, para a sua nova posição. Por ultimo as rodas voltam a ficar presas quando são fechados novamente os bloqueios mecânicos, ficando o comboio pronto para avançar já com a nova bitola através da linha existente à saída da nave. Durante este processo todo, o comboio fica apoiado nuns patins situados nas laterais dos AMB e que se encontram constantemente lubrificados com água. [32]

Contudo, para além de essa tecnologia ser exclusivamente utilizada para composições da Talgo, apenas possibilitava a mudança de bitola dos eixos instalados nas carruagens, uma vez que ainda não existia tecnologia que permitisse a mudança de bitola dos eixos instalados nas máquinas de tração, obrigando à mudança da máquina durante a passagem do comboio pelo AMB.

Os Aparelhos de Mudança de Bitola correspondentes a esta primeira geração foram instalados em dois sítios, ambos na fronteira entre Espanha e França, um em Irún

em 1968 e outro em Port-Bou, um ano depois. Na figura 19 pode-se ver o esquema da instalação do AMB de Irum.

Estes AMB de fronteira, eram utilizados apenas para transporte de passageiros e para viagens longas e com pouca frequência de utilização, da ordem das 2 a 3 utilizações diárias, porque se tinham de dedicar alguns recursos para a utilização dos aparelhos.

Para além disso, a manobra de comboios pelos AMB ocorriam entre duas redes com regulamentação diferente, RENFE e SNCF, o que complicava os procedimentos para a sua realização, uma vez que exigia atividades de acoplamento, desacoplamento, provas de freio e outras, que faziam com que toda a operação durasse cerca de meia hora. [7]

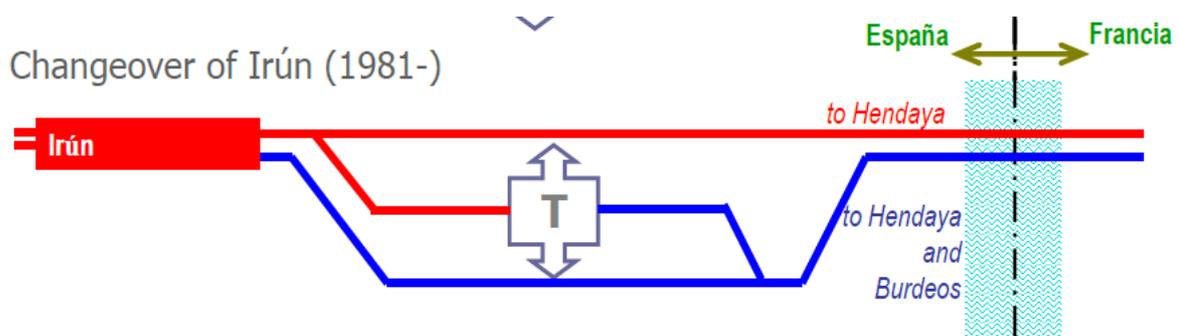


Figura 19 - Esquema dos AMB de primeira geração [35]

Posteriormente, em 1999 simplificaram-se alguns dos procedimentos durante a passagem dos comboios pelo AMB, anulando a prova completa de frenagem o que reduziu fortemente o tempo de operação para 15 minutos.

5.1.2.2 Aparelhos de Segunda Geração

Os sistemas que se denominam como de segunda geração correspondem aos aparelhos instalados nas primeiras linhas de AV em Espanha em 1992.

Apesar de necessitarem também de uma mudança das automotoras, estes AMB, por serem aplicados em linhas que exigiam a sua utilização com uma frequência maior dos que os aplicados na fronteira com a França, tinham algumas diferenças, uma vez que se agilizaram os processos para reduzir o tempo de passagem dos comboios.

A agilização do processo passou pelo seguinte: [7]

- Anulou-se a utilização do “Macho Auxin”, que tinha como objetivo que as carruagens travassem durante a passagem pelo AMB, realizando apenas este processo quando se procede a ligação à máquina de saída;
- Simplificação da prova de frenagem, substituindo-se a prova completa executada nos AMB de fronteira por uma verificação de acoplamento;
- Início da utilização de radiotelefonos pelo pessoal afeto às manobras.

Esta facilitação nos procedimentos de passagem levou a uma considerável redução do tempo de operação para os 9 minutos em média por passagem, existindo algumas passagens que demoram apenas 6 minutos.

Por outro lado, também se reduziram os custos relativos ao tempo dedicado de uma máquina de tração em cada lado dos aparelhos para manobrar as carruagens, uma vez que se começou a realizar perfis de via de acesso aos AMB que dessem a hipótese de realização de manobras com a ajuda da gravidade.

Esta novidade implicou a instalação de cabeçais de freio de ar comprimido reguláveis na primeira carruagem do comboio. Uma vez desacoplada a máquina, são acionados os freios por um maquinista que sobe ao comboio e regula a marcha até que a primeira carruagem passe pelo aparelho a uma velocidade de 10 km/h dando oportunidade ao acoplamento à máquina de saída do aparelho. [7]

Nos sistemas em que não é possível a implementação dos perfis de via para realizar manobras por gravidade, são utilizados carrinhos de rasto que são acoplados aos primeiros rodados das carruagens e permitem o deslizamento dos comboios durante toda a manobra de mudança de bitola. [7]

Na seguinte figura encontra-se um esquema de diversos AMB de segunda geração instalados.

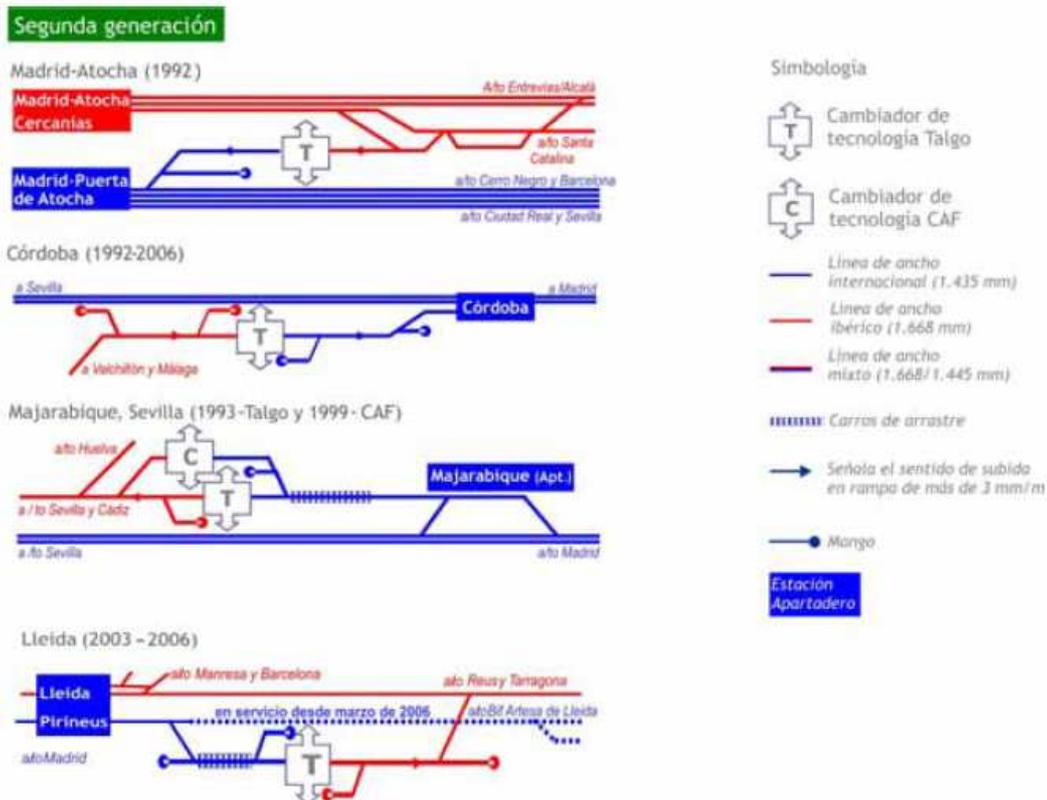


Figura 20 - Esquema dos AMB de segunda geração [7]

Nos chamados aparelhos de segunda geração, também se encontram incluídos os primeiros instalados pela empresa espanhola CAF, que, entretanto, desenvolveu o seu próprio sistema BRAVA (Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado), de características muito similares ao da Talgo.

Este sistema, cujo AMB se encontra na figura 21, consiste basicamente em dois conjuntos de rodas, que se podem deslocar axialmente sobre um corpo de eixo não rotativo, sendo a diferença da bitola absorvida por uma árvore oca. Durante a circulação, o movimento axial das rodas está impedido por um mecanismo de bloqueio de segurança que só pode ser ativado, de uma forma automática na passagem pelo aparelho de mudança de bitola.



Figura 21 - Aparelho de Mudança de Bitola CAF BRAVA

5.1.2.3 Aparelhos de Terceira Geração

Estes aparelhos começaram a ser instalados na linha de AV entre Madrid e Barcelona e as suas características formaram a base para os que foram instalados em todas as linhas de AV construídas em Espanha a partir daí.

Com a instalação destes sistemas, foram resolvidos alguns dos inconvenientes e limitações verificados na geração anterior, assim como têm em consideração outras características novas:

- A aparição de uma nova tecnologia de comboios com capacidade de mudarem a bitola desenvolvida pela CAF;
- Foram pela primeira vez desenvolvidos sistemas que possibilitavam aos comboios da Talgo e da CAF fazerem a mudança de bitola nas locomotivas dos comboios;
- Adaptação das duas tecnologias existentes em Espanha a uma só estrutura de apoio dos AMB;
- Aparição de equipamentos de mudança de bitola situados numa plataforma portátil;
- Sistema de recolha e reutilização da água de lubrificação dos aparelhos;
- Perfil de via em banheira nas zonas próximas do aparelho.

Tendo em conta os avanços tecnológicos existentes à data, pela primeira vez na história deste tipo de equipamento, foi concebido um sistema que permite a coexistência no mesmo fosso das duas tecnologias existentes, a Talgo e a CAF. Este sistema, denominado como Duplo Vertical ou TCRS-1 ilustrado na figura 22, permite a passagem de comboios das duas fábricas na mesma plataforma, através de um sistema simples, uma vez que um sistema hidráulico automático permite a rotação dos dois aparelhos, ficando um posicionado na horizontal em condições de ser utilizado, enquanto o outro fica na vertical, paralelo à via quando não se encontra a ser utilizado. [7]

Para testar esta nova tecnologia, foi instalado um destes sistemas no troço de ensaios de Olmedo a Medina del Campo, tendo-se comprovado a eficácia de todas as evoluções tecnológicas descritas.

A experiência recolhida nas provas efetuadas, a exploração dos aparelhos anteriores e a análise das novas necessidades permitiu definir critérios de desenho dos aparelhos para serem utilizados nas novas linhas de AV a partir daí.

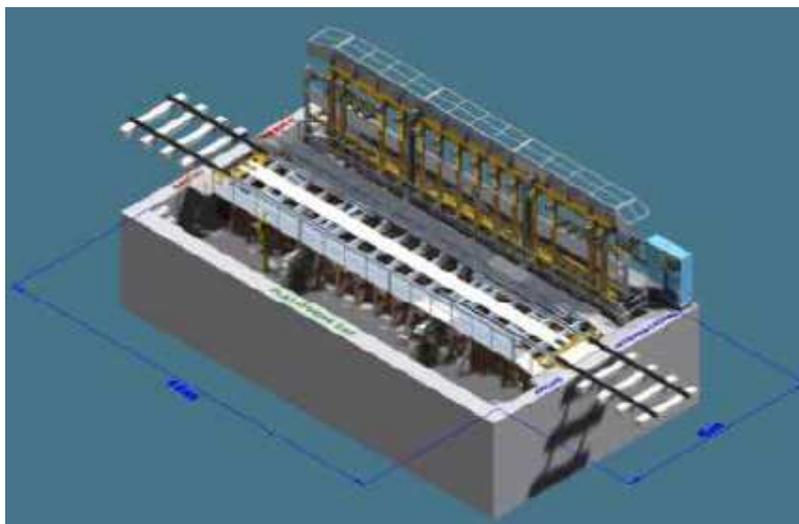


Figura 22 - Sistema Duplo Vertical TCRS-1 [35]

Este sistema permitiu de novo uma redução de custos, uma vez que não será necessário a existência de vias independentes com a finalidade de acesso a cada um dos dois tipos de AMB.

A partir de 2007, no âmbito da construção da linha de AV entre Madrid e Valladolid, foi desenvolvido outro tipo de plataforma dupla que permitia a coexistência de dois AMB.

Este sistema, chamado de Duplo Horizontal ou TCRS-2 ilustrado na figura 23, permite a mudança das duas tecnologias da CAF e da TALGO mediante o movimento horizontal dos Aparelhos de Mudança de Bitola através de um sistema hidráulico e de rolamentos. Esta solução permite a existência de uma maior fiabilidade no movimento relativamente ao anterior, mas exige uma maior ocupação de espaço.

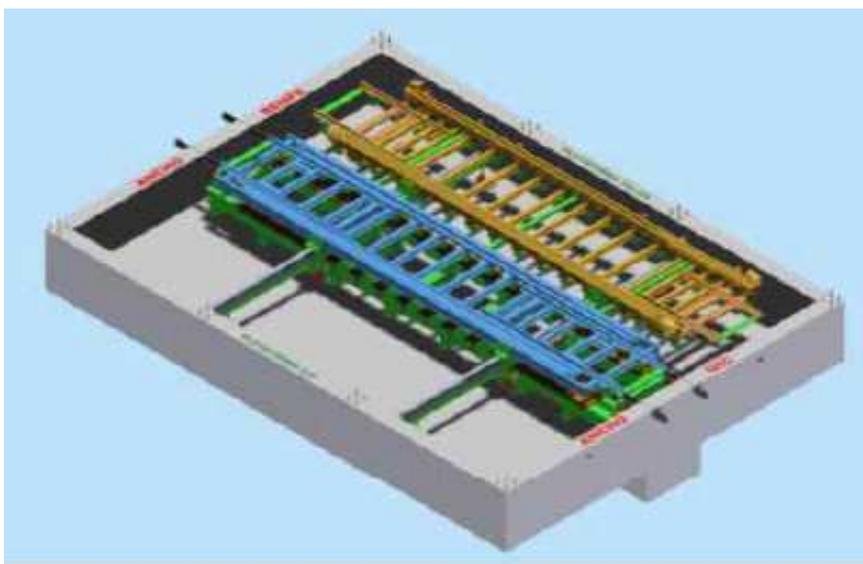


Figura 23 - Sistema Duplo Horizontal TCRS-2 [35]

Os Aparelhos de terceira geração apresentam diversas novidades técnicas e de exploração que se descrevem de seguida:

- Perfil de via em banheira, ou seja, o aparelho encontra-se numa zona mais baixa e os traneis de via de entrada e de saída vão baixando na direção do AMB, pelo que permite a passagem dos vagões por gravidade nos dois sentidos, contrariamente aos sistemas anteriores em que os perfis de via de acesso e de saída eram horizontais ou tinham a mesma inclinação;
- Modularidade e portabilidade, uma vez que para além de permitirem a passagem de comboios de duas tecnologias diferentes, adaptam-se a qualquer tipo de zona onde serão montados e permitem a passagem de locomotivas. Para além disso, com a expansão da linha de AV em Espanha, existe a necessidade de realizar translações de sistemas deste tipo de zonas onde já não são necessários para outras zonas onde são necessários e uma

vez que estes sistemas são mais portáteis, é mais fácil a sua mudança de local de instalação;

- Polivalência, uma vez que os equipamentos que realizam diretamente a mudança de bitola não se encontram fixos ou embebidos num fosso ou soldados ao carril, encontrando-se montados numa plataforma que se pode montar e desmontar. Assim, as duas tecnologias da CAF e da TALGO encontram-se montados em cima de uma plataforma que se fixa facilmente ao fosso;
- Passagem de catenária com continuidade para os dois lados do Aparelho de Mudança de Bitola através do estabelecimento de uma zona neutra com cerca de 25 metros na zona do aparelho;
- Inclusão de um sistema de descongelação dos rodados dos comboios, uma vez que em zonas onde existem temperaturas negativas no inverno, o gelo pode aparecer nos bogies dos comboios e no caso de entrarem nos equipamentos que fazem a alteração da bitola pode impedir a operação. A descongelação é efetuada através dum sistema de pontas de tubo no meio da via que se encontram viradas para cima e estão ligadas a um sistema mecânico que envia água quente a uma pressão suficiente para descongelar o gelo acumulado nos bogies;
- Introdução da automatização da sinalização e telecomando, uma vez que são utilizados cada vez mais comboios de autopropulsão e que não necessitam de parar para se realizar a operação de mudança de bitola em todas as suas máquinas e composições evitando a utilização de mão-de-obra para as manobras dos equipamentos e alteração de sinalização necessárias para a realização da operação, que pode ser realizada automaticamente.

Estas alterações, nomeadamente o avanço tecnológico que permite a passagem de comboios com autopropulsão e que atingem velocidades acima dos 300 Km/h por este tipo de aparelhos, permitiram uma diminuição considerável no tempo total de operação de 15 minutos para menos de um minuto, no entanto ainda existe uma necessidade de redução de velocidade para cerca de 20 Km/h pelo que, tendo em conta que se trata de comboios que atingem velocidades consideráveis, a redução de velocidade ainda é considerada muito grande. [7]

Foi recentemente noticiado que o Ministério de Fomento espanhol incumbiu a ADIF de investir 5,9 milhões de euros num projeto de desenvolvimento de uma solução tecnológica para a produção de conjuntos de rodas deslocáveis e respetivos aparelhos de mudança de bitola, para a circulação de vagões de mercadorias, adquirindo a patente do futuro sistema, homologado e validado.

5.1.3 Outros Sistemas Existentes

5.1.3.1 Sistema de Mudança de Bitola SUW 2000

O aparecimento deste sistema teve a sua origem na necessidade de se efetuar operações de mudança de bitola de comboios entre a Ucrânia e alguns dos seus países vizinhos, nomeadamente a Hungria e a Polónia.

Esta tecnologia, à semelhança da TALGO e CAF, também é constituída pelo Aparelho de Mudança de Bitola e por eixos telescópicos que se instalam nos bogies dos comboios e permite a mudança de bitola internacional de 1435 mm para a Russa de 1520 mm, mas também é compatível com vias de bitola com outros valores, existindo um estudo efetuado para instalação deste tipo de tecnologia nas linhas da rede ferroviária espanhola.

A diferença deste sistema para os espanhóis é que a mudança de bitola é efetuada com a carga nos rodados, ou seja, esta tecnologia dispensa a utilização dos patins situados nas laterais dos AMB

Embora não permita a sua utilização nas locomotivas, o SW 2000 cujo AMB se encontra na fotografia da figura 24 foi a primeira tecnologia de mudança de bitola de eixo do material circulante compatível com o equipamento de transporte de mercadorias, uma vez que foram desenvolvidos dois tipos de eixo, o P-053/BK para esse tipo de transporte e o P-057/BK para comboios de passageiros.



Figura 24 - Aparelho de Mudança de Bitola SUW2000 [36]

5.1.3.2 Sistema RAFIL Type V

O sistema RAFIL Type V é uma tecnologia da alemã DB AG que foi desenvolvida para equipar carruagens da DB Cargo, tendo em conta o fornecimento de mercadorias para o leste da Europa.

Neste sistema, á semelhança do SW 2000, a mudança de bitola também é efetuada com a carga nos rodados.

Apesar de ter sido desenvolvido para os comboios de mercadorias, foram também desenvolvidos outros tipos de eixo que se apresentam de seguida:

- Eixo do tipo Görlitz VIII para as carruagens de transporte de passageiros;
- Eixo do tipo BR 481 para as locomotivas de tração;
- Eixo do tipo ICE 2 para comboios de AV para velocidades até 300 Km/h;

Para além disso, o sistema RAFIL Type V permite também a mudança de e para vias com os três valores de bitola existentes na Europa, a Ibérica com 1668 mm, a Internacional com 1435 mm e a Russa com 1520 mm. [37]

Embora já tenha sido patenteado e certificado pela UIC, este sistema ainda não tem nenhuma aplicação prática no mundo inteiro.

5.1.4 Futuros Sistemas de Mudança de Bitola

5.1.4.1 Aparelhos de Quarta Geração

No âmbito da necessidade de unificação das variadas tecnologias existentes numa única plataforma, proveniente da implementação de uma Rede Transeuropeia de Transportes com condições de interoperabilidade em todas as linhas ferroviárias da União Europeia que permitam a coexistência de todos os sistemas de mudança de bitola existentes, iniciou-se em 2008 o desenvolvimento de um aparelho de Quarta Geração.

Este tipo de tecnologia de quarta geração tem o seu centro de desenvolvimento em Espanha porque numa primeira fase, e uma vez que seria mais fácil juntar as duas plataformas numa só, iniciou-se o desenvolvimento dum aparelho que permitisse a passagem de comboios da TALGO e CAF através de um único AMB compatível com as duas tecnologias.

Para o desenvolvimento desta tecnologia de quarta geração, e no seguimento de estudos efetuados, chegou-se à conclusão que para as duas tecnologias serem compatíveis, seria necessária a unificação da guia que obriga à deslocação das rodas para ambas as tecnologias através da adoção do sistema da TALGO como elemento comum às duas tecnologias. [7]

No seguimento dos estudos efetuados, e cujo esquema se encontra representado na figura 25, foi montado um protótipo de AMB para testes perto da estação da rede ferroviária espanhola de Roda de Bará em Tarragona, tendo dado já alguns resultados vantajosos relativamente às versões anteriores tendo em conta que:

- Evita o tempo e desgaste do equipamento na translação entre AMB com diferentes tecnologias;
- Origina uma diminuição do espaço ocupado pelo sistema, uma vez que só será necessário o espaço equivalente a um AMB;
- Poderá ser atingida uma considerável redução no custo da instalação.

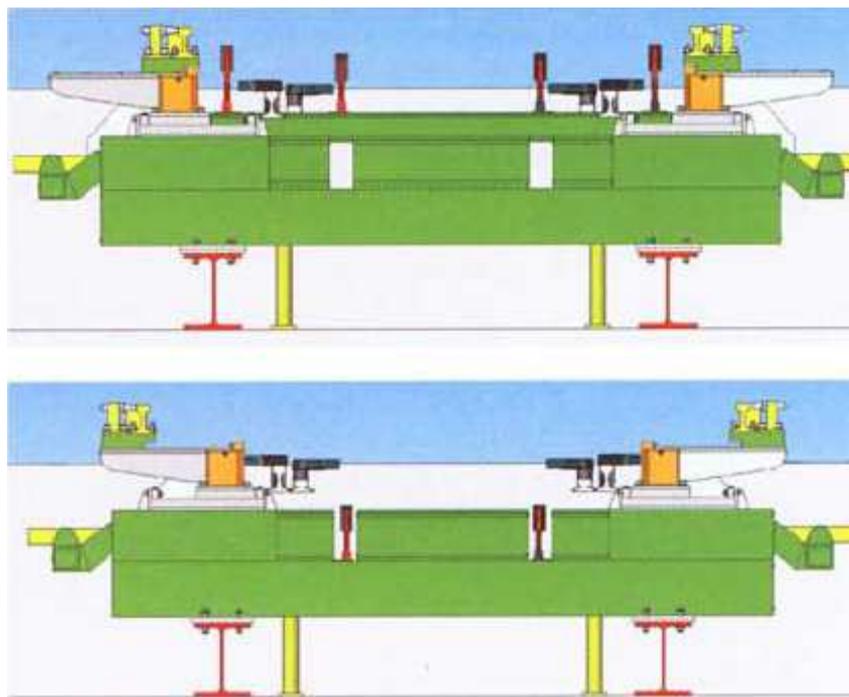


Figura 25 - Sistema TCRS-3 com a tecnologia Talgo em cima e a da CAF em baixo [38]

Numa segunda fase que já se iniciou, encontra-se também em desenvolvimento o sistema de mudança de bitola TCRS-4, também denominado de Unichanger que englobará as tecnologias RD da TALGO, BRAVA da CAF, o SUW 2000 e o Rafil Type V da DB e cujo resultado dos estudos se encontra ilustrado na figura 26.

Um primeiro estudo realizado em 2001, que analisou a possibilidade de desenvolvimento deste tipo de tecnologia, concluiu que os dois sistemas RAFIL e SUW 2000 eram tecnologicamente compatíveis, mas os três sistemas existentes naquela altura, e o seu equipamento associado, não eram completamente compatíveis.

Através desse estudo, chegou-se à conclusão que uma infraestrutura comum era executável, mas devia requerer modificações nos vários sistemas telescópicos instalados nos eixos dos comboios e nos Aparelhos de Mudança de Bitola. Contudo, este estudo não conseguiu colocar à disposição uma simples solução, assim como um custo/benefício eficaz para o desenvolvimento deste tipo de tecnologia.

Posteriormente chegou-se à conclusão que, para desenvolver este sistema, deveria ser aplicada a plataforma do TCRS-3 como base, que acomodaria as tecnologias Rafil e DB, havendo a necessidade de sofrer, entre outras, as seguintes alterações:

- A plataforma deveria sofrer um ligeiro prolongamento, uma vez que o AMB do sistema SW 2000 é mais comprido;
- Incorporação de um sistema de análise artificial de tecnologia que permita a identificação em segundos do tipo de sistema existente no comboio em aproximação para evitar o risco de incompatibilidade.

Devido à complexidade existente na implementação deste tipo de tecnologia, o seu desenvolvimento tem vindo a ser complicado. Existia um plano para colocar à experiência um protótipo em Rosa de Bará no final do ano de 2011 mas ainda não foi instalado e ainda não existe previsão relativamente à data de instalação do protótipo.

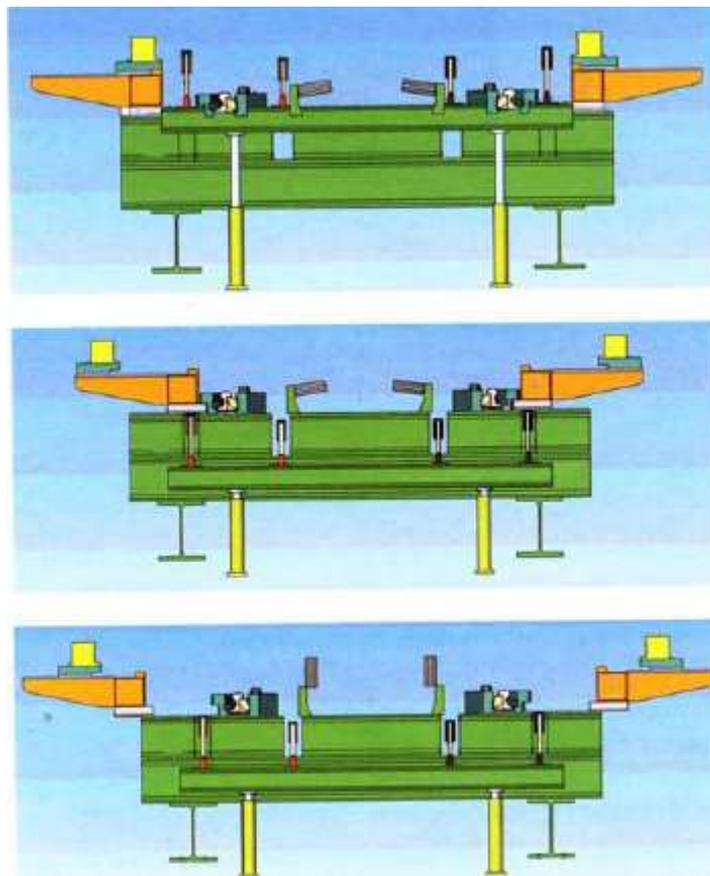


Figura 26 - Sistema TCRS-4 com a tecnologia SUW 2000 e Rafil incorporada [38]

5.1.5 Considerações Gerais

A aplicação da solução de mudança de bitola do material circulante através da instalação de AMB e Eixos Telescópicos nas composições resolve a problemática da ligação de linhas de bitola com valores diferentes em condições de interoperabilidade.

Esta solução começou a ser utilizada na segunda metade do século passado, sendo ainda relativamente recente, pelo que trás alguns inconvenientes provenientes da sua juventude comparando com outras soluções mais antigas.

Tendo em conta o descrito anteriormente, trata-se de uma solução que ainda se encontra em desenvolvimento, existindo ainda muito a realizar para atingir um patamar aceitável de utilização de maneira a que toda a rede europeia de transporte ferroviário tenha condições de interoperabilidade.

Nem todos os sistemas existentes permitem a utilização para equipamentos de transporte em linhas de Alta Velocidade, no quadro seguinte encontra-se as características dos sistemas existentes relativamente a este assunto.

Quadro 4 – Comparação dos Sistemas em Termos de Velocidade

BITOLA VARIÁVEL SISTEMAS	PAÍS	VELOCIDADE MÁX. Km/h	OBSERVAÇÕES
CAF (BRAVA)	Espanha	300	300 Km/h
TALGO (RD)			250 Km/h
DBAG (RAFIL TYPE V)	Alemanha	120	Mercadorias
SUW 2000	Polónia	160	Não é utilizado em AV

Em termos técnicos, os problemas que são apontados neste tipo de tecnologia provêm da experiencia espanhola e são os seguintes:

- Nos dias mais complicados de inverno em Espanha, em condições de temperaturas negativas e com pluviosidade, o gelo acumula-se nas rodas dos comboios que impedem a entrada dos comboios nos AMB até que seja

efetuado um processo de descongelação que nalguns casos chegou a demorar varias horas; [7]

- Este tipo de sistema é mais avesso à existência de descarrilamentos, derivado da complexidade mecânica das tecnologias em causa, existindo um aumento deste tipo de incidente que por vezes tem originado suspensão temporária de serviços de transporte ferroviário. [7]

Outro dos defeitos que se apontam a esta solução é o encarecimento da infraestrutura devido ao elevado preço dos AMB, levando a um aumento considerável de custo de passagem por parte das operadoras. Este tipo de tecnologia obriga também a um aumento do preço do material circulante assim como da manutenção da infraestrutura. No quadro seguinte pode-se verificar as diferentes características dos sistemas de mudança de bitola descritos.

Quadro 5 – Sistemas de Aparelhos de Mudança de Bitola existentes na Europa

	Talgo	Brava CAF	SUW2000	Rafil
País	Espanha	Espanha	Polónia	Alemanha
Ano – 1ª aplicação comercial	1969	2003	2000	-
Passageiros	Sim	Sim	Sim	Não
Mercadorias	Sim	Não	Sim	Sim
Veículos motores	Sim	Sim	Não	Não
Mudança de bitola com carga nos rodados	Não	Não	Sim	Sim
Sistemas de bloqueio	Ferrolho ascendente	Rodados ascendentes	Lateral	Lateral

De referir também que para transporte de mercadorias, esta tecnologia encontra-se pouco desenvolvida uma vez que nem todos os sistemas existentes são compatíveis com esse tipo de transporte.

Do ponto de vista do material circulante, e dependente do sistema a adotar, esta solução obriga no melhor cenário à troca dos bogies das composições já existentes

ou, no pior cenário, à aquisição de novos equipamentos que sejam compatíveis com a tecnologia a instalar, pelo que haverá sempre um investimento considerável por parte das entidades que utilizam as linhas onde este tipo de equipamento se encontra instalado.

5.2 Via Algaliada

Outra das soluções existentes para permitir a passagem de material circulante entre vias de bitola com valores diferentes em condições de interoperabilidade é a implementação de vias algaliadas.

Conforme já foi dito anteriormente, define-se via algaliada como via-férrea de bitola mista com a capacidade de operar simultaneamente comboios com diferentes bitolas e para isso é necessária a incorporação de mais um ou dois carris na via, dependendo da bitola das linhas que se pretende ligar. [2]

Uma das grandes vantagens na existência deste tipo de vias é que permite a passagem de comboios com bitola de valores diferentes na mesma via, evitando a existência de duas vias independentes cada uma com uma bitola diferente.

À semelhança das vias normais, a superestrutura de uma via algaliada também é composta por travessas e carril, só que as travessas são de bitola mista, ou seja, são especialmente desenvolvidas para se incorporar mais um ou dois carris. Na figura 27 pode-se verificar algumas das diferenças entre uma via algaliada e uma via com dois carris.

As grandes diferenças na implantação deste tipo de via encontram-se nos seguintes aspetos:

- Aparelhos de Mudança de Via para proceder aos desvios dos comboios para outras vias;
- Circuitos de via, uma vez que se verifica a existência de pelo menos mais um carril;
- Na catenária, dependendo da existência de mais um ou dois carris e da sinalização.



Figura 27 - Via Algaliada e via de bitola Ibérica [39]

5.2.1 Breve Resumo Histórico

A utilização deste tipo de vias teve o seu início, segundo registos obtidos, no início do século passado. Já naquela altura, embora ainda não existisse o conceito de interoperabilidade, o objetivo era a de efetuar ligações entre linhas com diferentes valores de bitola. Mas a sua instalação era efetuada em zonas pontuais e muito limitadas em termos de comprimento, normalmente coincidiam com zonas onde existiam estações ferroviárias que serviam duas linhas diferentes.

Em Portugal, por exemplo, há registos da existência deste tipo de via em troços que, muitos deles, já não existem como é o caso das seguintes zonas:

- Linha do Douro / Linha do Corgo, entre a Estação da Régua e a Bifurcação do Corgo, na extensão de 1.100 m. Atualmente a Linha do Corgo está encerrada à exploração. A via é composta por quatro carris paralelos para fazer a ligação entre duas linhas com bitolas de 1.668 mm e 1.000 mm.
- Linha do Minho / Linha de Guimarães, Troço/trecho Trofa - Lousado, entre a Trofa (antiga) e a Estação do Lousado, na extensão de 2.500 m. Via também composta por quatro carris paralelos, bitolas de 1.668 mm e 1.000 mm. A atualmente designada como "Linha de Guimarães" corresponde, ao troço/trecho ferroviário entre Lousado e Guimarães com bitola ibérica.

- Linha do Minho / Linha de Guimarães, Troço/trecho Lousado - Famalicão, entre a Estação do Lousado e a Estação de Famalicão. Quatro carris/trilhos paralelos, bitolas de 1.668 mm e 1.000 mm. O troço/trecho algaliado/misto está desativado, e apenas circulam comboios da linha do Minho com bitola de 1.668 mm.

Para além do caso português, a solução de vias algaliadas também começou a ser utilizada em diferentes partes do globo, como na Rússia, na fronteira entre a Suécia e a Finlândia e no Japão, algumas delas com quatro carris e outras com apenas três carris. [2]

Com o advento do aparecimento das linhas de AV em Espanha, a partir de 1988 o governo espanhol criou uma resolução onde foram estabelecidos os critérios para execução de projetos de infraestruturas ferroviárias com a finalidade de proceder ao desenvolvimento da interoperabilidade ferroviária e do transporte de mercadorias.

Na resolução encontram-se os princípios que devem ser seguidos para a realização de projetos de construção de novas linhas ou de renovação das linhas convencionais existentes, que passam pelo seguinte:

- Extensão progressiva da interoperabilidade em Espanha;
- Transformação paulatina das vias existentes para o standard europeu;
- Eliminação das barreiras interiores, lesivas ao tráfego de mercadorias.

Com o aparecimento das linhas de AV, e com o início da aplicação das Especificações Técnicas de Interoperabilidade que servem de garante da interoperabilidade do Sistema Europeu de Transporte Ferroviário, foi exigido por parte do governo que a partir daí, quer na renovação de linhas existentes, quer no prolongamento de linhas convencionais, se comesçassem a aplicar travessas de bitola mista aptas para três carris para posteriormente permitir a migração para a bitola internacional. [39]

Durante a construção das vias de AV espanholas, todas elas construídas em bitola internacional, verificou-se a necessidade de contemplar alguns traçados que permitissem a passagem de tráfego misto, de transporte de pessoas e mercadorias.

Perante este cenário, procedeu-se também a execução de projetos em vias com três carris de “Altas Prestações” que compatibilizassem a passagem de comboios de

bitola Ibérica e Internacional através da mesma linha, permitindo a sua exploração das vias com velocidades consideráveis.

A partir daí, houve um desenvolvimento na aplicação deste tipo de via em Espanha, encontrando-se implementadas hoje em dia nas seguintes zonas do país:

- Troço de ensaio entre Olmedo e Medina del campo, com 15,5 km;
- Linha entre Tardienta e Huesca, com 21,4 Km;
- Acesso Ferroviário ao Aeroporto de Barajas, com 4,7 km;
- Porto de Bilbao, com 10,6 km;
- Troço de mercadorias entre Almusafes e Valencia. 19,1 km;
- Ramal de mercadorias entre Morrot e Nudo de Castellbisbal, com 25,7 km;
- Troço entre o nó de Castellbisbale o nó de Mollet, com 19,0 Km;
- Troço de mercadorias entre Girona e Vilamalla, com 41,2 Km;
- Troço entre Ronda e Cortes de la Frontera, com 39,00 km;
- Troço entre Cortes de la Frontera e San Pablo de Bucete. 20,55 Km;
- Ramal entre Castellbisbal e Papiol-Mollet, com 80 Km.

Uma vez que este tipo de via com três carris tem vindo a ser aplicado em Espanha com algum sucesso, especialmente para vias de troço misto, sendo a única solução que permite a coexistência entre vias de bitola Ibérica e de bitola Internacional em condições de interoperabilidade, a presente tese apenas abordará este caso.

5.2.2 Superestrutura de Via

Tendo em conta a grande característica deste tipo de via, que é a de ter três carris, importará referir que este tipo de linha é constituído assim devido ao facto da diferença de dimensão entre a bitola Ibérica e a bitola Internacional, que é de 233 mm, não permitir a existência de um quarto carril, uma vez que não é suficiente para a colocação das suas fixações.

Para além da existência de menos um carril, existem também outras diferenças para as primeiras vias algaliadas desenvolvidas no início do século passado, sendo mais

compridas, menos pontuais e não confinadas a zonas de estações de caminho-de-ferro.

De seguida apresenta-se as outras características relativamente à superestrutura deste tipo de via desde as travessas, passando pelos aparelhos de via e até à alimentação elétrica aos comboios e à sinalização da via.

5.2.2.1 Travessas

Para além de cumprirem as funções para que foram desenhadas, a circulação ferroviária simultânea por bitola Ibérica e Internacional com velocidades elevadas obrigou ao estudo, definição e posterior produção de uma travessa para a fixação de três carris e que tenha condições de resistência aos esforços submetidos através da passagem de comboios com bitola de valores diferentes.

Em termos de desenho, a definição da travessa encontra-se condicionada devido ao espaço reduzido entre os patins dos carris mais próximos, que condiciona a geometria da sua face superior, assim como devido à assimetria de esforços originada pelo posicionamento do terceiro carril.

No caso deste tipo de travessas, a sua geometria é diferente das travessas monobloco normais devido precisamente à assimetria de cargas, e no caso dos elementos de fixação, a sua escolha encontra-se também condicionada ao espaço reduzido entre os carris contíguos, que no caso de carril 60 E1 é de 83 mm, cumprindo os requisitos exigidos no normativo em vigor.

Em Espanha, a travessa mais disseminada nas linhas desta natureza é a AM-05 que se encontra na figura 28, existindo uma outra travessa ainda em utilização, a AM-00, mas que se encontra a ser extinta pela ADIF. [39]

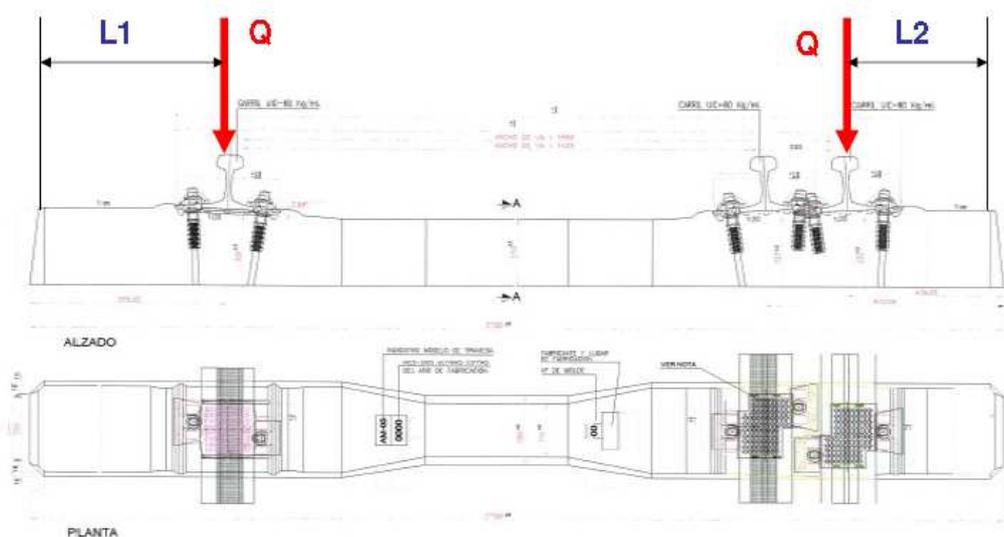


Figura 28 - Travessa AM-05 [40]

5.2.2.2 Elementos de Fixação

Os elementos de fixação são todos os acessórios que permitem a fixação do carril à travessa e que permitem a sua estabilidade em cima da travessa dando continuidade estrutural à via.

As suas principais funções são as seguintes:

- Fixação dos carris às travessas;
- Assegurar a estabilidade geométrica transversal do eixo de via;
- Proceder à transferência de ações estáticas e dinâmicas exercidas pelo material rolante à infraestrutura de via;
- Oferecer uma alta resistência ao deslizamento longitudinal do carril sobre a travessa.

As fixações utilizadas nas travessas tipo AM-05 são do tipo Vossloh melhoradas e adaptadas às travessas de três carris conforme se pode verificar na fotografia seguinte.



Figura 29 - Fixações em travessas de três carris [39]

5.2.2.3 Aparelhos de Via

Conforme ocorre nas linhas com dois carris, nestas vias também existe a necessidade de desvios que permitem a mudança dos comboios de uma via para outra sem interrupção da sua marcha.

Neste caso, é necessária a montagem de desvios com três carris, existindo na atualidade diversos modelos de Aparelhos de Mudança de Via.

Quanto às prestações, estes aparelhos permitem velocidades máximas de passagem dos comboios de 220 Km/h no ramo direto e até 100 Km/h nos ramos desviados, isto no caso de aparelhos com carril de 60 E1.

Devido ao pouco espaço existente, no caso deste tipo de via com bitola Ibérica e Internacional, nem todos os desvios são possíveis. Os desvios de bitola de 1435 mm só são permitidos no lado contrário ao do terceiro carril e os de 1668 mm apenas do lado do terceiro carril.

Para resolver estas deficiências geométricas derivadas da existência do terceiro carril procede-se à instalação de aparelhos de mudança de lado do terceiro carril, chamados também de Aparelhos de Mudança de Posição do Terceiro Carril.

Com os desvios mistos também existem alguns problemas, como são os casos da existência de contracarris curtos na zona de cruzamento, produzindo limitações de velocidade na via desviada, dependendo do desvio incluído no ramo direto.

O Aparelho de Mudança de Posição do Terceiro Carril que se pode ver na figura 30 permite que o terceiro carril passe de um lado para o outro da via para permitir que os comboios se desviem para outra via existente do lado direito ou esquerdo da via de onde são provenientes.

Existem dois tipos de aparelhos, os CAMHD-G60-1500-TC e os CAMHI-G60-1500-TC e permitem velocidades de passagem de 200 Km/h para comboios com bitola de 1668 mm e de 100 Km/h para comboios com bitola de 1435 mm.

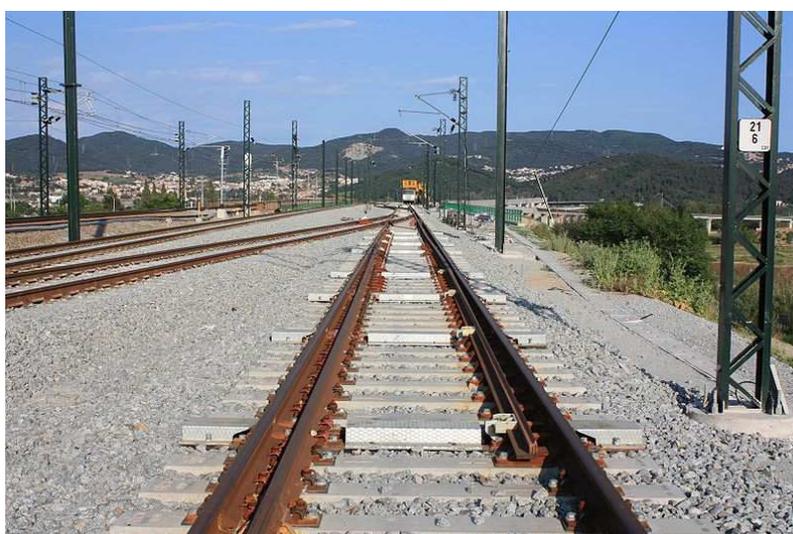


Figura 30 - Aparelho de Mudança Posição do Terceiro Carril [41]

Estes aparelhos têm um custo elevado, uma vez que é necessária a instalação de oito motores para a movimentação transversal das lanças. [39]

5.2.2.4 Aparelhos de Dilatação

Este tipo de via também permite a instalação de aparelhos de dilatação que são soluções construtivas que permitem uma compensação longitudinal do carril em locais onde se encontram sujeitos a forças longitudinais que obrigam à existência de elementos que permitem a diminuição de tensões internas no material.

Normalmente instalam-se nas zonas das juntas móveis de viadutos com mais de noventa metros devido à dilatação e contração da sua estrutura originada pelo

aumento ou diminuição da temperatura e permitem a passagem de comboios a velocidades até 350 Km/h também nas vias algaliadas com três carris.

5.2.3 Vias Algaliadas em Cima de Lajes de Betão

A instalação de três carris também é possível em cima de lajes de betão ao invés do comum balastro.

Esta solução é menos utilizada devido ao seu elevado custo, mas tem vantagens devido à sua fácil manutenção e à exigência de menos cerca de 40 mm de gabarito vertical porque a laje de betão tem menos altura do que a travessa AM-05.

Este sistema permite a montagem de fixações de travessa diretamente em cima da laje, mas também existe outro tipo de sistema com travessas próprias desenvolvidas pela “Rail One Tracks Systems”, derivada da já aprovada B355.2 U60 20 M indicada na figura 31, com fixações 10ARV 301U da Vossloh, utilizada para a via com dois carris. [39]



Figura 31 - Travessas B355.2 U60 20 M [39]

5.2.4 Alimentação Elétrica

Conforme já foi explicado anteriormente nesta tese, a alimentação elétrica que permite fazer mover os comboios, é realizada através da instalação aérea, longitudinal e ao eixo da via, de um cabo condutor de eletricidade que realiza a ligação aos motores instalados nos comboios através de um pantógrafo montado na cobertura das composições.

Neste tipo de via, a existência de dois eixos de via, derivado da existência de duas bitolas, uma com 1668 mm e outra com 1435 mm, causa uma descentralização de 11,65 mm entre o fio de contato e o centro do pantógrafo num dos dois tipos de comboios, de bitola Internacional ou Ibérica.

No caso vias algaliadas com o mesmo tipo de alimentação elétrica nos comboios de Bitola Internacional e de Bitola Ibérica, a questão é resolvida através da criação de uma descentralização nos pantógrafos.

No caso de vias com tipos de alimentação elétrica diferentes, conforme existe em Espanha, a questão encontra-se a ser resolvida da seguinte forma:

- Montagem de instalações de catenária comutáveis que permitem mudança de tensão conforme o comboio que a utiliza;
- Utilização de comboios compatíveis com as duas alimentações existentes.

Contudo, as duas soluções ainda são limitadas, uma vez que a primeira solução não é adaptada a linhas com muito tráfego e a segunda tem a debilidade de nem todo o equipamento que circula na rede espanhola ter essas características, mas de qualquer maneira, a solução que se encontra a ser mais utilizada em Espanha é a da utilização da catenária denominada como polivalente através de construção de instalações que comutam a tensão. [39]

Existem algumas diferenças relativamente a uma instalação de catenária normal que são as seguintes:

- Instalação dos dois fios de contato com um cabo de suporte com maior secção conforme exige a alimentação em corrente contínua;
- Descentramento do fio de contato menor do que o habitual para a circulação de Bitola Ibérica, para permitir a circulação sob a tensão de 3KV na via de bitola internacional.

5.2.5 Segurança

Neste tipo de via, aparecem novos problemas originados pelo fato de existirem diferentes itinerários em função da existência de comboios de bitola com valores diferentes, assim como vias de bitola com valores diferentes.

Exemplo disso é a existência de novos aparelhos, denominados de Aparelhos de Mudança de Posição do Terceiro Carril, que permitem a passagem de comboios com bitola de valores diferentes, mas a escolha efetuada na mudança das lanças do aparelho pode originar um descarrilamento se o itinerário efetuado não for compatível com o comboio que o percorre.

Em termos de segurança, estas vias encontram-se instaladas com um Bloqueio Automático Banalizado para não permitir que um comboio ocupe um cantão onde já esteja outro. Este tipo de instalação permite a passagem de comboios nos dois sentidos, uma vez que normalmente as vias algaliadas compostas por três carris em Espanha são compostas por vias únicas ou quando são duplas apenas se instala o terceiro carril numa das vias.

A existência do terceiro carril também coloca outro tipo de questão que é o facto de um circuito de via, por ser um sistema apenas elétrico, não conseguir identificar o tipo de comboio que se encontra no cantão e, por isso, não poder escolher itinerários adequados para os comboios. Para isso, existe um sistema de encravamento eletrónico para diferenciar o tipo de comboios e escolher os itinerários pretendidos para cada comboio.

Para ajudar à diferenciação do tipo de comboio, este tipo de via também tem instalado um sistema de contadores de eixos ligados nos dois carris mais próximos.

Em termos de controlo de velocidade, existe um tipo de balizas ASFA (Anúncio de Sinais e de Frenagem Automático), só para vias algaliadas de três carris. Este sistema proporciona a informação contida no sinal mais próximo do comboio tendo em conta o seu sentido de marcha, enviando informações para as passagens de nível automáticas, assim como permitem ao comboio ter informação sobre limitações temporárias de velocidade. Esta baliza é mais larga, assim como é instalada para ficar centrada com as duas bitolas para permitir a deteção do equipamento de bordo tanto em comboios de bitola internacional como de bitola ibérica. [39]

5.2.6 Considerações Gerais

A implementação de vias algaliadas com três carris, que são as únicas que permitem a convivência entre a bitola Ibérica com a bitola Internacional, é uma solução que resolve a ligação compatível entre linhas com bitolas diferentes em condições de interoperabilidade. Contudo, nem sempre permite a circulação sem

interrupção, uma vez que, por si só, não funciona no caso de um comboio querer percorrê-la totalmente, entrando através de uma linha de uma determinada bitola e saindo através de outra linha com outro valor de bitola.

Relativamente às suas características, esta solução exige uma necessidade de instalação de Aparelhos de Mudança de Via mais complexos em funcionamento de forma a permitir as mudanças de vias para as duas bitolas. Para além da questão da maior complexidade dos aparelhos, o aparecimento de novos aparelhos para permitir a mudança de lado do terceiro carril, vieram ainda colocar mais dificuldades técnicas.

Toda esta maior complexidade veio traduzir-se não só no próprio equipamento dos aparelhos como igualmente na velocidade com que os comboios podem transitar pelos próprios, que neste momento se fixa em velocidades limite de 200 Km/h na via direta e de 100 Km/h nos ramos desviados.

No caso da instalação deste tipo de solução em linhas de AV, estamos a falar de uma diminuição de velocidade de mais do que 100 Km/h, pelo que, embora sendo em zonas pontuais, ainda é considerada uma redução considerável na velocidade. Hoje em dia, Espanha tem vários troços de via algaliada nestas condições e as velocidades praticadas não ultrapassam os 220 Km/h em todo o troço.

A utilização de uma via algaliada exclusivamente para comboios de passageiros trás problemas nas zonas dos cais das estações, uma vez que os comboios de bitola internacional percorrem a via descentrados relativamente à bitola Ibérica, por esta ser maior, pelo que podem ultrapassar o gabarito admissível na zona da estação, no caso do terceiro carril se encontrar do lado oposto do cais, ou ficar com uma distância ao cais não admissível, no caso do terceiro carril ficar do lado do cais.

No caso da instalação de vias algaliadas em zonas dos túneis já existentes, o descentramento provocado na via de comboios de bitola Internacional pode também ser suficiente para a ultrapassagem do gabarito lateral.

Em zonas onde o terceiro carril se encontra no lado exterior e no caso de vias duplas algaliadas nos dois lados, obriga a que a entrevia seja de pelo menos 4041 mm contra os 3808 mm das linhas com dois carris conforme ilustrado na figura 32, pelo que a plataforma será maior nessas zonas originando um maior custo de construção. [42]

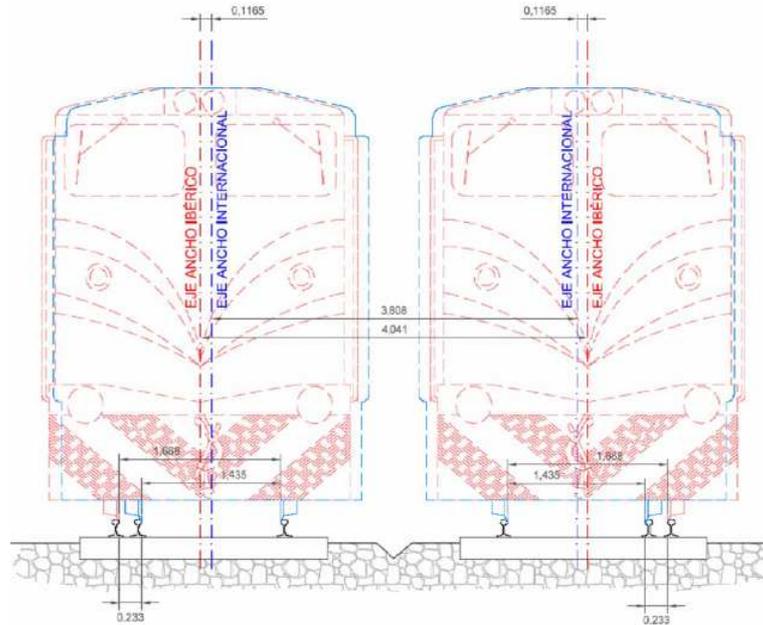


Figura 32 - Entrelia em zonas de via dupla com três carris [42]

Uma vez que a via de bitola mista com travessa de três carris introduz esforços assimétricos na via, pode originar a necessidade de reforçar as obras de arte existentes, sobretudo as pontes metálicas em que os carris da via convencional são assentes no alinhamento das longarinas metálicas. No caso de se chegar à conclusão da necessidade da aplicação desta solução, ou até deste tipo de solução ser necessária em obras de arte a construir, o reforço da estrutura obriga também a sobrecustos. [39]

A manutenção da geometria deste tipo de via exige a utilização de atacadeiras de via para AMV em todo o troço, pelo que a produtividade é inferior exigindo maior custo na sua realização.

No âmbito do comando e controlo e sinalização, a utilização do sistema ERTMS não se adapta a esta solução, uma vez que a existência do terceiro carril limita a implementação total de circuitos de via para a segurança dos comboios que utilizam uma das bitolas, razão pela qual se utiliza contadores de eixos neste tipo de linhas.

Relativamente ao material circulante, esta solução obriga à aquisição de equipamento constituído por bogies compostos por eixos com bitola internacional, pelo que do ponto de vista do nosso país obrigará à aquisição de novas

composições uma vez que as entidades existentes que exploram as linhas não têm hoje em dia este tipo de comboios.

5.3 Comparação das Soluções

No seguimento do descrito nos pontos anteriores onde se procedeu à sua descrição, assim como a uma análise crítica, é sempre importante proceder a uma comparação relativamente a aspetos técnicos e gerais que compõem cada uma das duas soluções que se passa a descrever a seguir:

- Do ponto de vista do transporte de mercadorias, a tecnologia da mudança de bitola do material circulante não é uma solução eficaz, devido ao fato que nem todas as tecnologias existentes se encontram adaptadas a este tipo de transporte. Do lado oposto, a via algaliada de três carris apresenta-se como uma verdadeira solução para o transporte de mercadorias, conforme atesta a sua utilização em Espanha;
- A utilização da via algaliada de três carris como exploração apenas para efeitos de transporte de passageiros pode trazer problemas de invasão de gabarito, pelo que a solução de mudança de eixo do material circulante, tendo sido primeiramente criada para este tipo de transporte, será mais eficaz para permitir a passagem de comboios de passageiros;
- Em termos de segurança, a solução de mudança de bitola do eixo do material circulante é mais eficaz, uma vez que a instalação de vias algaliadas de três carris não permite a existência de circuitos de via, essencial para a existência de cantões, tecnologia que neste momento é a mais segura no âmbito da exploração de uma linha de caminho-de-ferro;
- A via algaliada de três carris exige a instalação de alimentação elétrica aos comboios mais cara do que a solução de mudança de bitola do eixo do material circulante, uma vez que implica alterações relativamente à catenária instalada nas vias com dois carris;
- Tendo em conta a experiência espanhola, a solução de via algaliada de três carris não pode ser implementada em vias de alta velocidade porque a velocidade máxima praticada é de cerca de 220 km/h e é um dos parâmetros

que define este tipo de linha. Quanto à solução de mudança bitola de eixo do material circulante, embora exigindo diminuições de velocidade para 15 Km/h, é apenas pontual na exploração de uma linha que tem vários quilómetros, existindo em Espanha já comboios com este tipo de tecnologia que atingem velocidades acima dos 300 Km/h;

- Tendo em conta o descrito no ponto anterior, numa linha de AV, partindo do pressuposto que a passagem pelos AMB só se poderá realizar a 15 Km/h, e que uma infraestrutura deste tipo, apenas para efeitos de cálculo e com as linhas de acesso, tem à volta de três quilómetros, a perda de tempo cifra-se em onze minutos e vinte e quatro segundos. Se procedermos à instalação de uma via algaliada com três carris em alternativa a uma linha de AV, só se beneficia com a perda de tempo relativamente à instalação da solução de mudança de bitola de eixo do material circulante se a via algaliada tiver menos de quinze quilómetros e duzentos metros;
- Em termos de comando e controlo, a única solução que se adapta ao sistema ERTMS é a da mudança de bitola do eixo do material circulante, uma vez que permite a existência de uma utilização eficaz dos circuitos de via assim como das balizas que permitem o controlo de velocidade dos comboios.

6 Proposta de Soluções

No seguimento do já descrito nesta Tese de Mestrado, que inclui o que se encontra a ser efetuado no âmbito da formação de uma Rede Transeuropeia de Transportes ferroviária em condições de interoperabilidade, assim como a análise às duas soluções existentes hoje em dia em termos de compatibilização de ligação entre vias com bitola de valores diferentes, focando mais pormenorizadamente o caso da Península Ibérica por nos afetar diretamente, além de ser a Espanha o país onde as duas soluções estão mais desenvolvidas, neste ponto iremos propor soluções que se poderão aplicar no nosso país tendo em conta o expectável, no futuro, em termos de infraestrutura ferroviária.

Primeiro interessa analisar a posição geográfica do nosso país que, como sabemos, se encontra no extremo ocidental da Europa, e com fronteira apenas com a Espanha. No âmbito de implementação de uma RTE-T, Espanha será o único país onde podemos ligar a rede ferroviária portuguesa.

A segunda análise obrigatória de realizar é sobre o que se encontra a ser realizado em termos de infraestrutura de transporte ferroviário em Espanha, assim como o que se encontra a ser planeado, para evitar que o isolamento que a Península Ibérica sofreu durante anos seja transposta apenas para o nosso país se não forem aplicadas as soluções em estudo.

No âmbito do assunto descrito no parágrafo anterior, e seguindo a análise efetuada relativamente a infraestruturas a executar descrita no ponto 4.2.3, existem duas ligações prioritárias com Espanha que são as seguintes:

- Linha Ferroviária da Beira Alta, que faz a ligação entre a Linha do Norte e o Ramal de ligação ao Porto de Aveiro com Salamanca em Espanha através da fronteira em Vilar Formoso;
- Ligação da Linha Ferroviária do Alentejo em Évora, com Badajoz através da fronteira em Caia;

Em termos de infraestrutura, as linhas que se encontram a ser construídas em Espanha, que estabelecerão a ligação entre Madrid e a fronteira com Portugal, irão ter condições de Linhas de AV em bitola internacional e serão nessas ligações que

se debruçará o estudo de soluções, uma vez que serão as ligações prioritárias dadas pelo governo português.

Em terceiro lugar, será importante a existência de uma definição relativamente ao tipo de transporte ferroviário que irá ser utilizado nas linhas descritas. Para isso será necessário definir se as linhas serão essencialmente para transporte de passageiros, para transporte de mercadorias ou para os dois tipos de transporte, ou seja, mistas.

Neste momento, conforme o descrito no Plano Estratégico de Infraestruturas e Transportes assim como no acordo efetuado na Cimeira Ibérica em que ambos os governos demonstraram o seu empenho no desenvolvimento do transporte ferroviário de mercadorias, parece clara a opção efetuada relativamente a este assunto.

Partindo dos pressupostos anteriores, e dentro das duas soluções objeto de análise da presente tese, é importante salientar que as únicas tecnologias de mudança de bitola dos eixos do material circulante que neste momento se encontram adaptadas ao transporte de mercadorias são os sistemas SW 2000 e RAFIL TYPE V, uma vez que em Espanha, a adaptação dos dois sistemas existentes ao transporte de mercadorias ainda se encontra em desenvolvimento. Quanto à solução da via algaliada de três carris, encontra-se perfeitamente adaptada à utilização em linhas de transporte de mercadorias. Em Espanha, praticamente todas as linhas existentes, deste tipo, são exclusivas do transporte de mercadorias.

Nos pontos seguintes, procede-se à descrição das soluções propostas para cada um dos troços, considerando as premissas até agora referidas.

6.1 Corredor Aveiro-Vilar Formoso/Linha da Beira Alta

O corredor referido é composto pelas linhas da Beira Alta desde a Pampilhosa até Vilar Formoso, pela linha do Norte entre a Pampilhosa e o ramal do porto de Aveiro e o ramal do porto de Aveiro, existindo também uma ligação à linha da Beira Baixa na Guarda.

Importa referir também que as linhas já se encontram todas construídas, sendo que as suas características em termos de superestrutura são as seguintes:

- A linha do Norte é em via dupla constituída por bitola ibérica em ambas as vias;
- A linha da Beira alta encontra-se praticamente toda construída em via única com bitola ibérica;
- O Ramal de ligação ao porto de Aveiro encontra-se construído em via única e cuja bitola instalada é a ibérica, mas com travessas polivalentes que permitem a sua utilização, futuramente, em via de bitola internacional.

Uma vez que segundo o plano PETI 3+, o corredor descrito será dotado de uma infraestrutura em bi-bitola, presumindo-se que seja algaliada, que permita a circulação de comboios com Bitola Europeia, de 1435mm, e com Bitola Ibérica, de 1668 mm, a adoção da solução proposta no plano traz um inconveniente importante, uma vez que a ligação até Vilar Formoso em via algaliada não trás vantagem alguma tendo em conta que o plano espanhol prevê que a ligação até à fronteira com Portugal em via com características de linha de AV em bitola internacional e, neste pressuposto, um comboio de bitola Ibérica não passava da fronteira.

Assim, a utilização desta solução só fará sentido entre as linhas existentes a partir do litoral de Portugal até à Guarda, uma vez que aí existe uma ligação à linha da Beira Baixa.

Relativamente ao resto da ligação até à fronteira com Espanha, e tendo em conta que já existe um plano para migrar todas as linhas existentes no país para bitola internacional, a linha poderá ser renovada ficando já com bitola internacional.

Sugere-se também que o ramal do Porto de Aveiro, que permite também a ligação à Plataforma Logística Portuária de Cacia, fique já em bitola internacional, uma vez que bastará realizar as seguintes intervenções tendo em conta que na sua construção foram adotadas travessas polivalentes para permitir a interoperabilidade futura:

- Alterar o posicionamento dos carris, de modo a permitir a passagem de comboios de bitola internacional;
- Substituir os aparelhos de mudança de via por outros adaptados à bitola internacional.

No caso da Linha do Norte, entre a Linha da Beira Alta e o Ramal do Porto de Leixões, a solução torna-se mais complexa uma vez que se trata de um troço com muita utilização, assim como serve para transporte de passageiros e de mercadorias. Neste caso existem duas soluções para permitir a interoperabilidade deste troço com as outras linhas:

- A renovação total do troço para que a superestrutura fique em condições para receber apenas comboios preparados com bitola internacional, que obriga à instalação da solução de aparelhos de mudança de bitola na ligação com o resto da linha, assim como com a Linha do Minho;
- A renovação da integral do troço, implementando a solução da via algaliada com três carris, obrigando a tomar medidas especiais nas zonas de estações, pontes e viadutos para que os comboios com bitola internacional não ultrapassem o gabarito da via;

No caso do ramal do Porto de Leixões, incluindo a ligação às plataformas logísticas construídas e a construir, nomeadamente a de Gatões/Guifões, encontra-se prevista a renovação da infraestrutura que deverá ter condições de interoperabilidade com as outras linhas, ou seja, construção da superestrutura de via em bitola internacional ou implementação da solução da via algaliada com três carris.

De referir também que esta solução obriga a adoção de uma solução de sistema de mudança de bitola do material circulante na zona da Guarda, para permitir a ligação entre a linha da Beira Baixa e a linha da Beira Alta em condições totais de interoperabilidade.

6.2 Corredor Lisboa-Caia

Este corredor é estrategicamente o mais importante em termos de ligações à Europa num futuro próximo e visa reforçar as ligações dos portos de Sines, Setúbal e Lisboa ao resto da Europa através da fronteira em Caia.

Para a realização deste empreendimento, encontra-se prevista a construção de dois troços novos de via, a ligação de Sines a Grândola e a ligação entre Évora e Caia, assim como a modernização de outros já existentes, que permitam a ligação à fronteira com Espanha em condições de interoperabilidade.

Tendo em conta que este corredor irá ligar à rede espanhola através da linha que se encontra em construção entre Badajoz e Madrid, com características de AV e constituída por bitola internacional, será necessária a implementação de uma solução interoperável entre os troços de linha já existentes em Portugal e os que já se encontram em construção em Espanha.

Primeiro importa referir o que se encontra realizado em Portugal, uma vez que alguns troços deste corredor já foram renovados, desde o ano 2005, que podem implicar intervenções diferentes dos outros troços. Assim, dividindo o corredor em três, temos igual número de troços discriminados da seguinte forma:

- Troço Lisboa-Poceirão;
- Troço Poceirão-Évora;
- Troço Sines-Poceirão;

Relativamente ao troço Lisboa-Poceirão, pertencente à Linha do Sul, e falando apenas de superestrutura de via, as linhas são compostas por travessas monobloco adaptadas apenas para a bitola Ibérica. No troço entre o porto de Sines e Poceirão, grande parte da linha é constituída por travessas monobloco de bitola Ibérica, excetuando na zona da variante de Alcácer, com cerca de 29 Km, cujas travessas instaladas já são polivalentes que permitem a variação entre bitola ibérica e internacional. Por último, o troço entre Poceirão e Évora é constituído por travessas monobloco que permitem a passagem apenas de comboios de bitola ibérica entre Poceirão e Bombel, por travessas polivalentes entre Bombel e Casa Branca, e por travessas monobloco para três carris entre Casa Branca e Évora.

Conforme já foi descrito, segundo o PETI 3+, este corredor será utilizado como ligação internacional para disponibilizar uma solução de transporte ferroviário de mercadorias mais eficiente, sendo ainda potenciada a mobilidade de pessoas entre Lisboa e o Alentejo, e uma vez que o troço a ligar à fronteira com Espanha, correspondendo ao troço entre Évora e Caia terá de ser novo, iremos iniciar a análise para uma solução de ligação à rede portuguesa por aí.

À partida existem várias soluções que se poderão adotar para construir o troço tendo em conta a implementação de uma solução eficaz em termos de interoperabilidade com as linhas portuguesas e com a rede espanhola. Nos pontos seguintes, irá ser realizada uma análise de soluções, incluindo os inconvenientes de cada uma.

6.2.1 Solução em Via Algaliada

Tendo em conta que será um troço a ser utilizado essencialmente para transporte de mercadorias, a implementação de uma solução de via algaliada com três carris parece à primeira vista a mais eficaz, contudo trará inconvenientes de interoperabilidade com os troços de via que se encontram já executados em Portugal e na ligação com a fronteira com Espanha.

Com efeito, não faz sentido a ligação em três carris até à fronteira com Espanha, uma vez que a linha espanhola será construída apenas em bitola internacional, provocando problemas de interoperabilidade nos comboios com eixos de bitola ibérica que queiram passar a fronteira.

Do lado de Portugal, a solução obriga a uma profunda alteração dos troços existentes para que um comboio de bitola internacional os utilize para acesso aos portos e plataformas logísticas existentes e a construir. Se relativamente aos troços renovados há pouco tempo bastava a alteração da posição dos carris, assim como substituição dos AMV instalados, nos outros troços teria de se proceder à substituição das travessas e dos AMV para constituir as vias com bitola internacional.

Ainda falando das ligações do lado de Portugal, também não fazem sentido, uma vez que no caso de as linhas já construídas ficarem em bitola internacional, não existiria interoperabilidade para os comboios de bitola ibérica. Além disso, o troço de linha entre Casa Branca e Beja ficaria em condições ineficazes em termos de utilização, uma vez que se encontra construído em bitola ibérica e com a alteração do troço entre Bombel e Évora para bitola internacional não permitia a ligação entre os dois troços.

A implementação de uma via algaliada em três carris apenas entre Casa Branca e Elvas, ficando os restantes troços em via com bitola internacional, permite a ligação às linhas que vão até Portalegre e Beja em condições de interoperabilidade, mas origina também inconvenientes de ligação direta a Lisboa, uma vez que para transporte de passageiros entre Lisboa e Beja num comboio de bitola ibérica obrigava a utilização das Linhas do Norte, da Beira Baixa e do Leste.

6.2.2 Solução de Instalação de AMB na Fronteira

A solução de aplicação de aparelhos de mudança de bitola junto à fronteira com a Espanha, construindo o troço entre Évora e Caia com bitola Ibérica resolvia grande parte dos problemas de interoperabilidade entre a linha espanhola com a rede portuguesa, assim como dentro da rede portuguesa. Contudo urge resolver as questões técnicas que já foram referidas anteriormente relativamente à solução de mudança de bitola dos eixos do material circulante para que seja uma alternativa válida para o transporte de mercadorias.

Existem tecnologias, como o SW 2000 e o RAFIL Type V, que se encontram neste momento adaptados ao transporte de mercadorias, mas criam um aumento de tempo global gasto no transporte devido às manobras que têm de ser realizadas com os comboios durante o processo de variação de bitola dos eixos do material circulante.

6.2.3 Implementação do troço em Bitola Internacional

Conforme já foi descrito na presente dissertação, existe um plano para ir alterando paulatinamente a rede ferroviária portuguesa para a bitola internacional, incluindo nas linhas existentes.

Tendo em conta esta instrução, não se pode deixar de estudar esta solução, uma vez que será importante para o futuro da rede ferroviária portuguesa no âmbito da economia global tendo em conta a criação de uma Rede Transeuropeia de Transportes interoperável.

A solução de construção do troço entre a fronteira em Caia e a cidade de Évora em Bitola Internacional permitia que, bastando a alteração do posicionamento dos carris entre Bombel e Évora, assim como a substituição de alguns AMV, se proporcionasse a utilização da rede nacional por parte de qualquer comboio proveniente de França, Inglaterra, Espanha, Bélgica, Holanda e especialmente da Alemanha até cerca de uma centena de quilómetros de Lisboa e de Sines, pelo que poderia originar um grande avanço em termos transporte de mercadorias aos portos e plataforma logísticas mais importantes afetas a este corredor, podendo ser compatibilizada a localização de futuras infraestruturas, nomeadamente Plataformas Logísticas, tendo em conta a implementação desta solução.

Implementando esta solução também se resolvia a questão da interoperabilidade entre a rede espanhola futura e a rede portuguesa, mas tendo em conta que se deverá compatibilizar o que se irá construir com o que neste momento se encontra construído, importa descrever os inconvenientes desta solução.

Embora seja uma solução que se encontre mais compatível com o futuro, esta solução origina alguns inconvenientes que urge solucionar, e que serão descritos de seguida:

- A ligação nacional entre Portalegre e Elvas não ficará em condições interoperáveis de ligação ao troço a construir;
- A ligação entre Casa Branca e Beja ficará isolada em termos de interoperabilidade, da rede portuguesa;

Exigindo soluções que poderão passar pela instalação de aparelhos de mudança de bitola permitindo a utilização de comboios específicos constituídos por eixos telescópicos que permitam a mudança de bitola.

Relativamente à ligação em Bombel ao resto da rede ferroviária portuguesa, poderão provisoriamente adotar-se soluções de mudança de bitola do material circulante até à migração para a bitola internacional, desde que sejam compatíveis com utilização cuja finalidade seja o transporte de mercadorias.

7 Conclusões

O caminho-de-ferro é, hoje em dia, um importante meio de transporte que permite uma maior ligação entre mercados rumo a um futuro sem barreiras que permita criar uma verdadeira rede europeia de transportes ferroviários que origine um maior aumento de competitividade da União Europeia face a outras grandes economias, incluindo as emergentes.

Para isso, mais do que ter uma melhor rede ferroviária de transporte de passageiros, a evolução da rede ferroviária de transporte de mercadorias ligada aos portos mais importantes e a todas as plataformas logísticas é essencial para a melhoria económica da União.

Da análise efetuada chega-se à conclusão de que não existem soluções perfeitas, devido ao fato de existirem diversas premissas e condições em jogo, assim como cada uma das soluções ter os seus contras. A melhor solução para cada caso, que pode não ser a mesma em todos, deverá ser criada mediante a definição de estratégias envolvendo todos os intervenientes (gestor da infraestrutura, operadores, etc.).

Para se proceder à escolha das melhores decisões, será importante que sejam tomadas medidas para que exista uma constante atualização dos planos de infraestruturas existentes, em consonância com as decisões políticas, entretanto, tomadas, nomeadamente nas Cimeiras Ibéricas.

Relativamente às tecnologias propriamente ditas, até ao ano 2010 existiu uma evolução muito grande, nomeadamente no que diz respeito à mudança de bitola do eixo do material circulante. Contudo verifica-se nos últimos anos uma travagem na evolução desta tecnologia, talvez devido à crise económica que atravessou a Europa a partir do fim do decénio passado.

De acordo com o ponto anterior, para a existência de uma verdadeira Rede Transeuropeia de Transportes sem barreiras, nomeadamente no que diz respeito ao transporte de mercadorias em toda a União Europeia, a solução da via algaliada tem vantagens relativamente à solução de mudança de bitola do eixo do material circulante. Por outro lado, a solução de mudança de bitola é a melhor quando se está a falar de transporte de pessoas.

Para a tecnologia utilizada na mudança de bitola do material circulante se tornar numa verdadeira alternativa à via algaliada em termos de transporte de mercadorias ainda existirá muito a realizar, nomeadamente:

- Todos os sistemas existentes deverão estar totalmente adaptados ao transporte de mercadorias;
- A colocação em prática da investigação já realizada relativamente à unificação dos diferentes tipos de sistemas deste tipo existentes na Europa, com a finalidade de colocar em exploração um Aparelho de Mudança de Bitola que permita a passagem de comboios com qualquer tecnologia instalada, chamado Unichanger.

Do ponto de vista da exploração, as duas soluções obrigam a um investimento em termos de material circulante que poderá ser mais ou menos avultado dependendo da solução em causa. Será importante que, antes de se realizar alguma opção final, se realize e se tenha em conta um estudo custo/benefício que inclua a implicação de cada solução no material circulante.

A crise económica que assolou a Europa nos últimos anos criou um desinvestimento na economia dos países da zona Euro que teve grandes repercussões na criação de novas infraestruturas e de renovação das antigas, especialmente no nosso país. No âmbito de uma economia europeia que cada vez exige mais que os investimentos efetuados tenham o melhor retorno possível, a escolha da melhor solução é extremamente importante e deverá ser tido em conta os seguintes fatores:

- Finalidade da infraestrutura a construir ou a renovar, uma vez que a solução será diferente consoante se trate de uma linha essencialmente de passageiros, de mercadorias ou mista;
- No caso de construção de novas infraestruturas, será importante realizar uma caracterização das linhas onde se irá estabelecer a ligação, incluindo o que se encontra planeado realizar nessas infraestruturas;
- A solução deverá ser corretamente dimensionada e otimizada, assim como a mais eficiente, mais económica e mais adequada ao cumprimento dos objetivos que se pretende atingir, por comparação com a outra, ou outras alternativas;

- Deverá ser tido em conta toda a legislação aplicável, incluindo a Diretiva 2008/57/CE do Parlamento Europeu relativa à interoperabilidade do sistema ferroviário na Comunidade, assim como o Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas PETI 3+ e todas as demais diretivas europeias.

Transpondo para o caso português, os planos existentes são bastante arrojados tendo em conta o número de projetos a realizar, uma vez que o retorno financeiro exige uma grande exploração das linhas e nem todas têm uma utilização que justifique o investimento.

Como país que vive e viverá com o problema da resolução da interoperabilidade dentro do espaço económico europeu, será importante que Portugal, em conjugação com os outros países nomeadamente com Espanha, faça parte da resolução desta problemática, incluindo-se no desenvolvimento das tecnologias já existentes, assim como na criação de novas tecnologias que nos coloquem na vanguarda da investigação no campo das infraestruturas ferroviárias, como acontece com o nosso país vizinho.

O caminho-de-ferro é uma infraestrutura que já tem um importante passado e o seu presente encontra-se definido tendo em vista um futuro que se pretende essencial para ser a base de um meio de transporte que se espera vir a ser o mais utilizado por pessoas e bens. Para isso será importante que neste momento se invista mais do que nunca na resolução das barreiras ainda existentes com o objetivo de criar uma Europa cada vez mais unificada e com laços cada vez mais estreitos.

No âmbito da atualização da documentação existente, será importante que o Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas, o chamado PETI 3+, seja mais completo incluindo as plataformas logísticas previstas realizar em Portugal. Deverão encontrar-se repercutidos nessa atualização os investimentos a realizar, eliminando aqueles que não irão dar retorno financeiro.

Nos próximos anos a Espanha irá concluir a intervenção nas linhas até Badajoz, com ligação a Portugal em Caia, e até Salamanca, com ligação a Vilar Formoso. Essas linhas encontram-se a ser construídas com bitola internacional, pelo que se irá originar um quase isolamento da nossa rede em relação à restante rede europeia, a não ser que Portugal aumente a velocidade de implementação de

soluções de interoperabilidade com a rede espanhola, que até pode passar pelas tecnologias que foram objeto de estudo na presente dissertação.

Por último, e tendo em conta ainda o descrito no parágrafo anterior, desde quase o início da minha vida ativa de trabalho no campo da Engenharia Civil, sempre tive a sensação de que deverão ser os políticos a aproximar-se das ideias apresentadas pelos técnicos. Mas não deverão ser os técnicos, num determinado momento, ideia ou posição, a aproximar-se dos políticos? A resposta deverá encontrar-se na vitória do que se define por inteligência sobre o que se define por interesses, para que as próximas gerações beneficiem de um futuro melhor.

LISTA DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BUGARIN, Miguel Rodríguez. Migração para a bitola Europeia - Critérios de seleção e implementação - Opções e programas - A realidade espanhola e em particular Galega, Bitola [Em linha]. (02.Jun.2012). [Consult. 19.Ago.2015]. Disponível em WWW:http://www.adfersit.pt/sessoes/s21_apresenta%C3%A7ao.pdf
- [2] Via Algaliada. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 14. Fev.2015]. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Via_algaliada.
- [3] Comissão Europeia. Livro Branco, Roteiro do espaço único europeu dos transportes – Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos. Bruxelas, 28.3.2011.
- [4] George Stephenson. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 14. Fev.2015]. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/George_Stephenson
- [5] Cuneo, Terrence. Abertura da Linha de Caminho-de-ferro entre Stockton e Darlington (27.09.1825), (Pintura). G4fas (Data Indisponível). Disponível em <http://www.g4fas.net/fmff.html>
- [6] Historia dos Caminhos-de-ferro. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 07. Março.2015]. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_rail_transport
- [7] Pavel Petrovich Melnikov. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 14. Maio.2015]. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Pavel_Petrovich_Melnikov
- [8] GARCIA ÁLVAREZ, Alberto - Cambio automático de ancho de vía de los trenes en España. Colección Monografías Via Libre, nº 2, 4ª Edición, (Set.2010). ISBN: 978-84-89649-55-2

[9] Transportes XXI. O Caminho-de-ferro visto através dos conteúdos da Secção Museológica de Santarém. [Consult. 11. março.2015]. Disponível em http://www.transportes-xxi.net/files/pdf/cf_museustr.pdf.

[10] Bitola ibérica. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 15. Abril.2015]. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Bitola_ib%C3%A9rica

[11] Marques, Bernardo. Cerimónia da inauguração do caminho-de-ferro em Portugal (28.10.1856), (Pintura). Simecqcultura (Data Indisponível). [Consult. 17. Março 2015]. Disponível em <http://simecqcultura.blogspot.pt/2008/10/h-152-anos-inaugurao-do-caminho-de.html>

[12] Parlamento Europeu e do Conselho. DIRECTIVA 2008/57/CE de 17.06.2008 relativo à interoperabilidade do sistema ferroviário na Comunidade.

[13] Railway electrification in Great Britain [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 20. Abril.2015]. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_electrification_in_Great_Britain

[14] Railway electrification in France [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 20. Abril.2015]. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_electrification_in_France#cite_note-1

[15] Railway electrification in France [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 20. Abril.2015]. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_electrification_in_France#cite_note-1

[16] Lawyer, David S. Electric Railroads. [Consult. 19. Abril.2015]. Disponível em http://www.lafn.org/~dave/trans/rail/electric_rr.html

[17] ADIF - Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Declaración sobre la red 2015. (05.02.2015).

[18] Comissão Europeia. Regulamento N° 1301/2014 de 18.11.2014. Especificação técnica de interoperabilidade para o subsistema «energia» do sistema ferroviário da União.

-
- [19] Eletrificacion [Em linha]. Ferropedia, la enciclopedia colaborativa del ferrocarril (Indisponível). [Consult. 21. Abril.2015]. Disponível em <http://www.ferropedia.es/wiki/Electrificaci%C3%B3n>
- [20] Implantação do sistema de sinalização ferroviária ERTMS/ETCS [Em linha]. Euro-Lex Acesso ao direito da União Europeia. [Consult. 24. Janeiro.2015]. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=URISERV:l24458>
- [21] A via para a interoperabilidade nos comboios [Em linha]. Transportes em Revista. [Consult. 06. Abril.2015]. Disponível em <http://www.transportesemrevista.com/Default.aspx?id=2781&language=pt-PT&tabid=210>
- [22] Sistema de control ferroviario europeo [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 06. Abril.2015]. Disponível em https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control_ferroviano_europeo
- [23] Thalys [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre (Indisponível). [Consult. 07. Abril.2015]. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Thalys>
- [24] Sessão sobre Comboios de Eixos de Bitola Variavel, LISBOA, 2011 – Tecnologia de Alta Velocidade CAF. Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, S.A.
- [25] Archived issue of Railvolution 4/08 [Em linha]. Railvolution (Indisponível). [Consult. 15. Abril.2015]. Disponível em <http://www.railvolution.net/railvolution/archive/2008/4>
- [26] Ministerio de Fomento. S. E. de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda PITVI (2012-2024). Novembro de 2013.
- [27] Ministerio de Fomento. Plan Estratégico de Infraestructuras Y Transporte PEIT (2005-2020). Novembro de 2013. ISBN: 84-498-0747-6.
- [28] Ministerio de Fomento. Plan Estratégico Para El Impulso Del Transporte Ferroviario De Mercancias En Espana. 14 Setembro de 2013.
- [29] Rede Ferroviária Nacional. Diretório de Rede 2016. 12 de Dezembro de 2014.
- [30] Corredor Atlântico. Atlantic Corridor. [Consult. 29 Agosto 2015]. Disponível em <http://www.corridor4.eu/pt/>.

-
- [31] Governo de Portugal. Plano Estratégico dos Transportes e Infraestruturas PETI 3+, Horizonte 2014-2020.
- [32] Famalicão 1963 [Em linha]. Aventar (Indisponível). [Consult. 16. Maio. 2015]. Disponível em <http://aventar.eu/2011/10/07/famalicao-1963/>.
- [33] Dirección de Explotación del GIF. Definición funcional de las instalaciones de cambio de ancho para trenes de viajeros en las nuevas líneas de Alta Velocidad (Maio 2003). ISBN: 84-933285-1-0.
- [34] Problems Of Rail Connections Between Ukraine And Its Neighbouring Countries [Em linha]. Mechanics Transport Communications (Indisponível). [Consult. 02. Fev.2015]. Disponível em <http://www.mtc-aj.com>.
- [35] Changeover – I International congresso on Rail Transport. Session about Joint Operation Of Different Characteristics Railwais Networks – Infrastructure Solutions by Ruth De San Damaso Martín. Disponível em http://ctf2010.unizar.es/archivos/Presentaciones/Explotaci%C3%B3n%20Ferroviaria/RuthDeSanDamaso_ADIF.pdf.
- [36] INA ELGOGLIDE® Plain Bushes in SUW 2000 Gauge Changeover Systems from ZNTK Poznań S.A. - Examples of Application Engineering. Publ. No. WL 07541 EA. [Consult. 02. Fevereiro. 2015]. Disponível em <http://www.ina.de/content.ina.de/en/mediathek/library/library-detail-language.jsp?id=113897>
- [37] Telescopic axles speed gauge-changing [Em linha]. Railway Gazette (Indisponível). [Consult.25.Junho.2015]. Disponível em <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/telescopic-axles-speed-gauge-changing.html>
- [38] Jackson, Chris in Railway Gazette International – Setembro 2009. Unichenger Prototypes Start to Take Shape.
- [39] San Dámaso Martín, Ruth De - La vía de três carriles. Situación Actual y Perspectivas. Direccion General De Operaciones E Ingenieria. Dirección Ejecutiva de Operaciones e Ingeniería de Red de Alta Velocidad.

[40] Azevedo, Aguinaldo. Um Caso Prático De Adequação De Uma Linha Para Tráfegos Em Bitola Standard E Bitola Iberica Com Implantação De Terceiro Carril - Ramal Castellbisbal/Papiol-Mollet. 21 de Março 2012.

[41] Tercer Carril [Em linha]. Ferropedia, la enciclopedia colaborativa del ferrocarril (Indisponível). [Consult. 30. Agosto.2015]. Disponível em http://www.ferropedia.es/wiki/Tercer_carril

[42] Azevedo, A. Problemática Associada à Mudança de Bitola - Tópicos. Março 2012.

OUTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS

San Dámaso Martín, Ruth De. Joint Operation of Different Characteristics Railways Networks – Infraestructure Solutions. ADIF.

Bitola. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre, (Indisponível). [Consult. 03. Mar.2015].Disponível em WWW:<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bitola>

Rede transeuropeia de transportes. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre, (Indisponível). [Consult. 04.Jun.2015]. Disponível em WWW:http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_transeuropeia_de_transportes

Catenaria. [Em linha]. Ferropedia, la enciclopedia colaborativa del ferrocarril. (Indisponível).). [Consult. 08.Mai.2015]. Disponível em ""www.ferropedia.es"".

Sistema Europeu de Gestão do Tráfego Ferroviário. [Em linha]. Wikipédia, a enciclopédia livre, (Indisponível). [Consult. 03. Mar.2015]. Disponível em WWW:<http://pt.wikipedia.org/wiki/ERTMS>

Agencia Ferroviária Europeia. Guia de Aplicação das Especificações Técnicas de Interoperabilidade (ETI), Referência ERA/GUI/07 – 2011/INT. 30 de Novembro de 2012.

Governo de Portugal. Plano Estratégico dos Transportes, Mobilidade Sustentável Horizonte 2011-2015.

Declaração Conjunta da XXV Cimeira Luso-Espanhola, Porto, 9 de Maio de 2012.

Declaração Conjunta da XXVI Cimeira Luso-Espanhola, Palácio da Moncloa, 13 de Maio de 2013.