

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
RELATÓRIO DE PROJETO DE FINAL DE CURSO

ARTHUR ARAÚJO RIBEIRO

1º Ten THARLES FRANKLIM CONEGUNDES

RENOVAÇÃO E EXECUÇÃO DE SUPERESTRUTURA
FERROVIÁRIA

RIO DE JANEIRO

2017

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

ARTHUR ARAÚJO RIBEIRO

1º Ten THARLES FRANKLIM CONEGUNDES

RENOVAÇÃO DE SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

Relatório de Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Fortificação e Construção do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para aprovação na referida disciplina.

Orientador: Luiz Antonio Silveira Lopes.

RIO DE JANEIRO

2017

c2017

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmар ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

625.1 Ribeiro, Arthur Araújo

R848r Renovação de superestrutura ferroviária / Arthur Araújo Ribeiro, Tharles Franklim Conegundes; orientados por Luiz Antonio Silveira Lopes – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2017.

54p. : il.

Projeto de Fim de Curso (PROFIC) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017.

1. Curso de Engenharia de Fortificação e Construção – Projeto de Fim de Curso. 2. Ferrovias. I. Conegundes, Tharles Franklim. II. Lopes, Luiz Antonio Silveira. III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

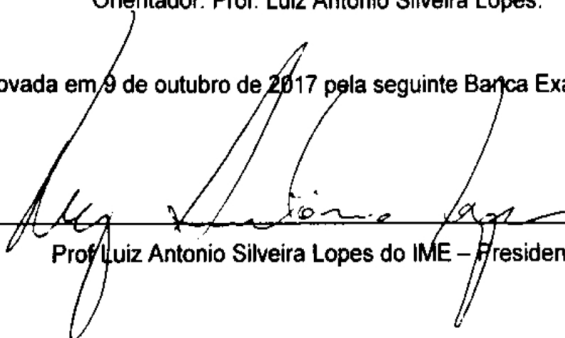
ARTHUR ARAÚJO RIBEIRO
1º Ten THARLES FRANKLIM CONEGUNDES

RENOVAÇÃO DE SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

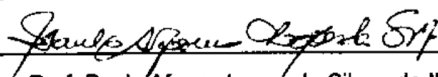
Relatório de Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Fortificação e Construção do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para aprovação na referida disciplina.

Orientador: Prof. Luiz Antonio Silveira Lopes.

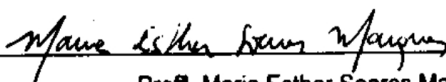
Aprovada em 9 de outubro de 2017 pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Luiz Antonio Silveira Lopes do IME – Presidente



Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva - do IME



Prof. Maria Esther Soares Marques - do IME

RIO DE JANEIRO

2017

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

ARTHUR ARAÚJO RIBEIRO

1º Ten THARLES FRANKLIM CONEGUNDES

RENOVAÇÃO DE SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

Relatório de Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Fortificação e Construção do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para aprovação na referida disciplina.

Orientador: Prof. Luiz Antonio Silveira Lopes.

Aprovada em 9 de outubro de 2017 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof Luiz Antonio Silveira Lopes do IME – Presidente

Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva - do IME

Prof^a. Maria Esther Soares Marques - do IME

RIO DE JANEIRO

2017

À todos os nossos companheiros que nos ajudaram nessa caminhada, que enfim, terminou.

SUMÁRIO

LISTA DE GRÁFICOS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Cenário nacional.....	16
1.2. Características do transporte ferroviário.....	18
1.3. Importância da renovação da via.....	19
1.3.1. Qualidade da via.....	19
1.3.2. Aumento da carga transportada.....	21
1.3.3. Componentes da superestrutura.....	22
2. RENOVAÇÃO DA FERROVIA.....	25
2.1. Definição.....	25
2.2. Dificuldades na renovação da via.....	25
2.3. Etapas da renovação.....	28
2.3.1. Remoção dos componentes.....	29
2.3.2. Colocação de novos componentes.....	31
2.3.3. Serviços adicionais.....	33
3. MÉTODOS PARA RENOVAÇÃO.....	35
3.1. Métodos automatizados.....	36
3.1.1. Trens de renovação (TRT).....	36
3.1.1.1. P190 Matisa.....	36
3.1.1.2. TRT 909 Harsco.....	38
3.1.2. Renovadora de lastro.....	39
3.2. Métodos semi-automatizados.....	39
3.2.1. Guindastes de pórtico.....	40
3.2.2. Escavadeiras.....	42
3.2.3. Rail Vac.....	43
3.2.4. Pá-carregadeira.....	44

4.	MÉTODO PROPOSTO	45
4.1.	Retirada e colocação dos trilhos	45
4.2.	Retirada e colocação dos dormentes	47
4.3.	Retirada e colocação do Lastro	49
4.4.	Serviços adicionais.....	51
4.5.	Estimativa de custo	52
5.	CONCLUSÕES.....	53
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Carga transportada pelas ferrovias, em milhões de toneladas. 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de preços	52
-----------------------------------	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Extensão malha ferroviária brasileira, 1854 - 2014.....	16
Figura 2 – Comparação da matrizes de transporte de carga entre diferentes países.....	17
Figura 3 - Seção transversal de ferrovia	19
Figura 4 – Comportamento das deformações das vias de acordo com as cargas aplicadas (Fonte: Lichtberger, 2005).....	20
Figura 5 - Janela típica de renovação	27
Figura 6 – Janelas de renovação	27
Figura 7 – Vaiacar (Fonte: QUIRINO, 2010)	30
Figura 8 - Máquina P190 (Marca Matisa) para substituição de dormentes e trilhos (Fonte: QUIRINO, 2010).....	30
Figura 9 - Descarga dos dormentes na plataforma por meio de sistema de pórticos Fonte: Sistema de Pórtico. Disponível em: < www.tiisa.com.br >. Acesso em: 25 de maio de 2017.....	31
Figura 10 - Posicionamento dos trilhos por meio de caminhão ferroviário.....	32
Figura 11 - Posicionamento dos trilhos por meio de vagões	32
Figura 12 - Aplicação de lastro utilizando caminhão ferroviário	33
Figura 13 – Máquina socadora-niveladora-alinhadora	34
Figura 14 - Solda aluminotérmica	35
Figura 15 - Resumo de processos	36
Figura 16 - Esquema de funcionamento da máquina P-190	37
Figura 17 - Máquina P-190 da Matisa cujo proprietário é a VALE.....	37
Figura 18 - Esquema de funcionamento da TRT-909 com esteira	38
Figura 19 - TRT 909 da fabricante Harsco.	38
Figura 20 - RM900 Renovadora de lastro.....	39
Figura 21 – Corte dos trilhos.....	40
Figura 22 - Retirada da grade pelos guindates de pórtico	41
Figura 23 - Dormentes novos são coletados.....	41
Figura 24 - Dormentes novos são posicionados.....	42
Figura 25 - Lastro novo é colocado sob a grade	42
Figura 26 - Escavadeira adaptada	43

Figura 27 - Rail Vac.....	44
Figura 28 - Pá-carregadeira realizando a colocação de lastro na via.	45
Figura 29 - Talas de junção.....	45
Figura 30 - Representação esquemática da retirada do trilho para o centro do trecho que não será renovado.....	46
Figura 31 - Composição puxando trilho	47
Figura 32 - Escavadeira adaptada para a retirada dos dormentes (LOPES, 2017)	48
Figura 33 - Sistema para a retirada dos dormentes (LOPES, 2017).....	48
Figura 34 – Escavadeira Caterpillar 320.....	50
Figura 35 - Utilização de escavadeira para colocação do lastro.....	51
Figura 36 - Vagões de lastro.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

ANTF – Associação Nacional dos Transportes Ferroviários

CNT – Confederação Nacional do Transporte

EFC – Estrada de Ferro Carajás

EFVM – Estrada de Ferro Vitória Minas

TRT – *Track Renewal Train*

PNLT – Plano Nacional de Logística e transportes

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar e propor um método de renovação de superestrutura ferroviária que utilize equipamentos de baixo custo e possua uma boa relação entre custo e produtividade.

Realizou-se inicialmente uma análise sobre a atual situação das ferrovias no Brasil, observando aspectos como: importância econômica, custos de manutenção, falta de padronização de bitolas e aumento de interesse por parte do governo em aumentar os investimentos nessa modalidade de transporte.

Também foi feita uma análise sobre as funções de cada componente da superestrutura ferroviária e quais as etapas envolvidas no processo de renovação de cada um desses componentes.

Para a escolha dos equipamentos a serem utilizados no método de renovação proposto, pesquisou-se quais as máquinas mais utilizadas atualmente para a renovação e quais as mais modernas, entendendo o funcionamento de cada uma delas e as condições e custo de operação.

No método proposto, foram utilizadas por fim máquinas como escavadeiras, vagões-prancha, guindastes de pórtico e reboques sob pneus, que apresentaram uma boa relação entre custo e produtividade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and propose a track renewal method that uses low cost machinery and has a good cost and efficiency tradeoff.

It has been made initially an overview on Brazil's current railways situation, taking into account aspects such as: economic importance, maintenance costs, lack of a standard for the track gauges and the increasing government's interest to raise investments for this transport modality.

Additionally, an analysis of track's component functions and its necessary steps was carried out, having in mind the renewal of such components.

Then, in order to select the equipment and machinery to be used in the proposed method, it was made a deep research on the most advanced and common machinery used in track renewals, to understand the operational conditions and the involved costs related to each one of these machines.

Finally, it is presented a proposal involving specific machinery, such as excavators, auxiliary wagons, gantry cranes and trailers, which was proved to have a good cost and efficiency tradeoff.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Cenário nacional

A malha ferroviária brasileira tem sua origem no ciclo econômico do café que predominou do século 19 até meados de 1930. Naquela época o país possuía uma economia essencialmente agrícola e exportadora. A partir de 1920 a construção de rodovias pavimentadas foi ampliada e passou a competir com as ferrovias por recursos públicos e pelo transporte de cargas e passageiros. Em 1957 foi criada no Brasil a RFFSA (Rede Ferroviária Federal S.A), com a intenção de integrar, sob uma mesma administração a rede ferroviária. Na década de 1980, agravado pela crise fiscal do país, as receitas da RFFSA não cobriam a dívida contraída e dessa forma foi avaliado a possibilidade da iniciativa privada voltar a atuar no setor, que ocorreu na década de 1990 com a concessão da malha ferroviária. As concessões trouxeram ganhos diversos para a estrutura logística nacional além de dar mais dinamismo ao setor antes monopólio do governo. Na década de 2000 ocorreu a regulação do setor e a criação da ANTT, que se tornou o órgão regulador. A Figura 1 apresenta um gráfico com o desenvolvimento da malha brasileira desde 1854.

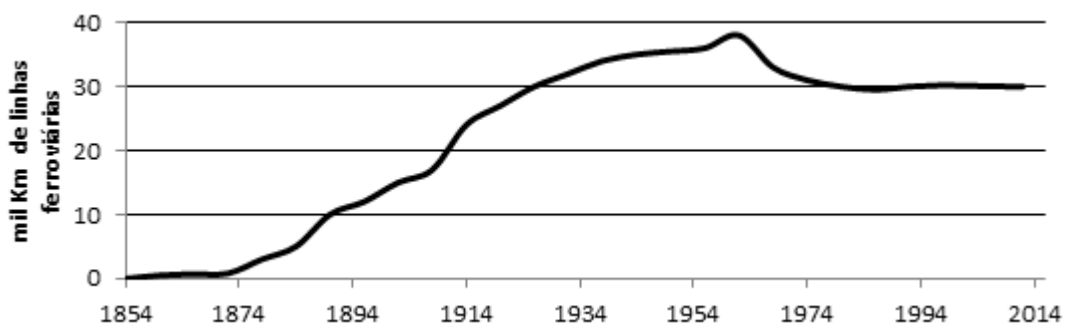


Figura 1 - Extensão malha ferroviária brasileira, 1854 - 2014

Fonte: CNT

Na Figura 2, percebe-se que o Brasil possui um grande desbalanceamento na sua matriz de transportes, principalmente quando se considera sua extensão territorial. Em países com tamanho territorial semelhante, como os Estados Unidos,

Rússia, China, Canadá e Austrália observa-se que o transporte ferroviário representa uma porcentagem maior do transporte de carga comparado ao Brasil.

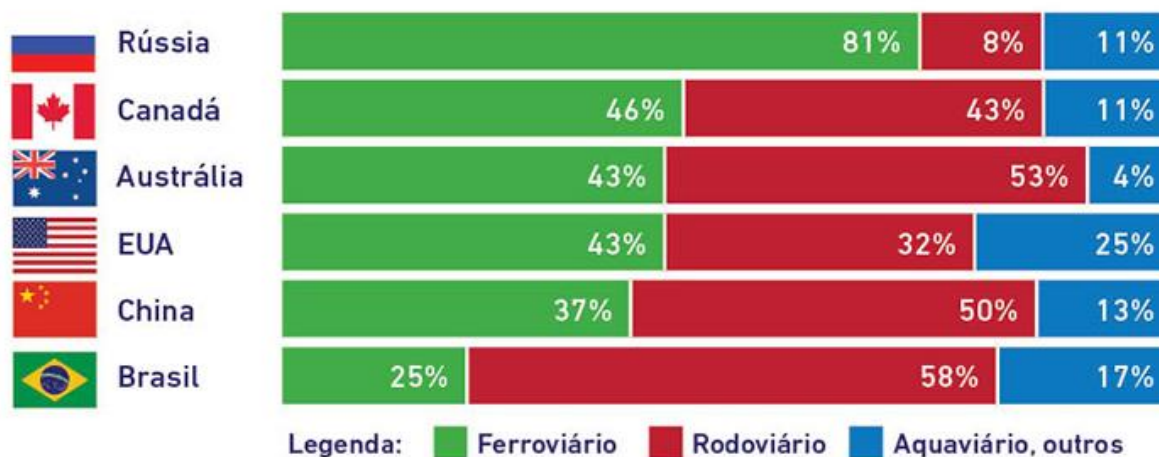


Figura 2 – Comparação da matrizes de transporte de carga entre diferentes países

Fonte: PNL, 2014

De acordo com a CNT, a malha ferroviária brasileira apresenta atualmente densidade em torno de 3,4 km de linhas férreas por 1000 km² de território, sendo que nos EUA essa densidade é de 29,8 km por 1000 km² de território, quase 9 vezes superior. No Brasil, são transportados em sua maioria produtos de baixo e médio valor agregado, sendo esse tipo de carga especialmente sensível ao preço do transporte. Atualmente, minério de ferro, carvão mineral e produtos agrícolas são os principais produtos transportados.

Apesar do elevado investimento público utilizado na construção da malha ferroviária, o sistema ainda não é totalmente integrado, além de possuir problemas por conta da falta de padronização das bitolas.

Define-se como bitola a distância entre as faces interiores de dois trilhos. Atualmente no Brasil, existem 5 bitolas utilizadas na malha ferroviária, sendo as duas citadas a seguir as mais significantes:

- 1,6m – Utilizada pelas operadoras ferroviárias MRS e ALL, concentrada na região Sudeste. Inclusive os metrô de São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília também possuem esta bitola;
- 1,0m – Utilizada pelas demais operadoras ferroviárias, entre elas, FCA e CFN;

A bitola utilizada nos EUA, Europa e em demais países, inclusive os vizinhos Argentina e Uruguai, é a de 1,435m, considerada a bitola padrão. Essa falta de padronização entre as bitolas nas ferrovias brasileiras resulta em um problema de integração entre as vias.

É possível entender a resistência das empresas em manter suas ferrovias com as bitolas que lhes convém, uma vez que isso dificulta a inserção de um concorrente em sua área de atuação e que também teria um custo elevado para ajustar sua estrutura para a bitola padrão.

Esse problema, além de dificultar a integração ferroviária nacional e internacional (como o caso dos vizinhos Argentina e Uruguai), cria barreiras para empresas estrangeiras atuarem no país.

1.2. Características do transporte ferroviário

O transporte ferroviário apresenta algumas vantagens em comparação ao transporte rodoviário, entre elas, pode-se citar:

- Fator ambiental (menos poluente que a modalidade rodoviária);
- Comodidade e conforto para passageiros;
- Baixo custo de frete;
- Baixo risco de acidentes;
- Transporta grandes quantidades e a longas distâncias;
- Menor índice de roubos em comparação ao transporte rodoviário.

Entre as desvantagens desse modal, pode-se citar:

- Alto custo de execução e renovação;
- Falta de padronização entre as bitolas;

- Dificuldade de alcançar lugares de difícil acesso;
- Exigência de embalagens mais seguras e, conseqüentemente, mais caras.

A construção de uma ferrovia é dividida em duas etapas: infraestrutura e superestrutura.

Na primeira, é realizada a terraplenagem, na qual o terreno é preparado para receber o sublastro, uma camada granular de areia ou brita, mais fina que a utilizada no lastro; e após a terraplenagem, é colocado o sublastro, que tem a função de transferir a carga recebida do lastro para o solo. Na etapa de superestrutura, ocorre a aplicação do lastro, geralmente composto por brita de 1/2" a 2 1/2"; dos dormentes, que podem ser de concreto ou madeira; das fixações, que podem ser por meio de ligações pregadas, parafusadas; e dos trilhos. A Figura 3 ilustra uma seção transversal de uma via ferroviária.

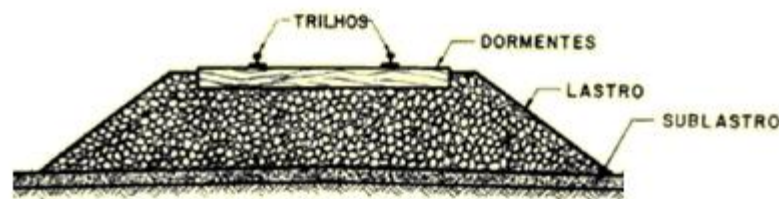


Figura 3 - Seção transversal de ferrovia

Fonte: Superestrutura ferroviária. Disponível em: < <http://vfco.brazilia.jor.br>>. Acesso em 16 de Julho de 2017.

1.3. Importância da renovação da via

1.3.1. Qualidade da via

As ferrovias devem ser submetidas a trabalhos de manutenção de forma cíclica, dado os esforços de carregamento permanente e móvel no qual estão submetidos

seus elementos, além de influências atmosféricas e outros efeitos externos (vegetação, reações químicas) que afetam sua qualidade.

Quando a via começa a apresentar deformações maiores que o permitido, devem ser realizados trabalhos de manutenção. A Figura 4 analisa a evolução das deformações de uma via férrea quando submetida a cargas elevadas, e a necessidade de se realizar operações de manutenção para evitar deformações muito elevadas ao longo do tempo.

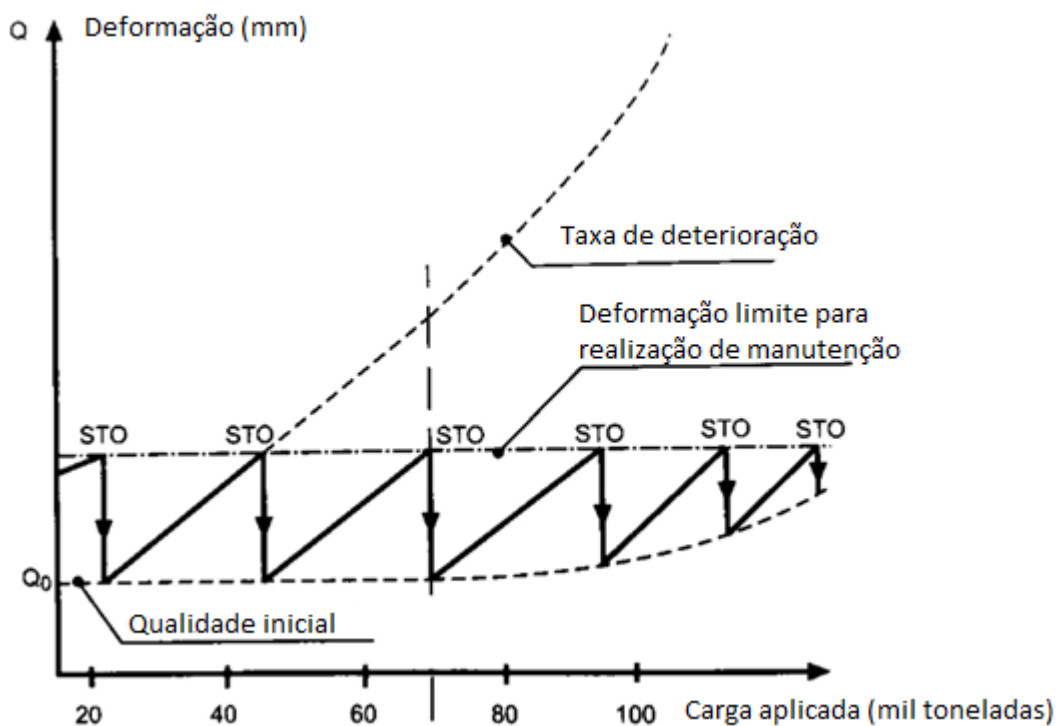


Figura 4 – Comportamento das deformações das vias de acordo com as cargas aplicadas (Fonte: Lichtberger, 2005).

Quando é alcançado o limite de deterioração para o qual a via pode operar, são realizados os serviços de manutenção, como por exemplo, a socaria do lastro, que consiste em “empurrar” o lastro para baixo dos dormentes. Em seguida, é iniciado um novo ciclo de deterioração que possui uma parte linear seguida por um crescimento exponencial que depende do carregamento no qual a via é submetida e das características estruturais da ferrovia. Essa alteração de linear para exponencial ocorre mais rápido se a limpeza do lastro contaminado demora a ser realizada ou

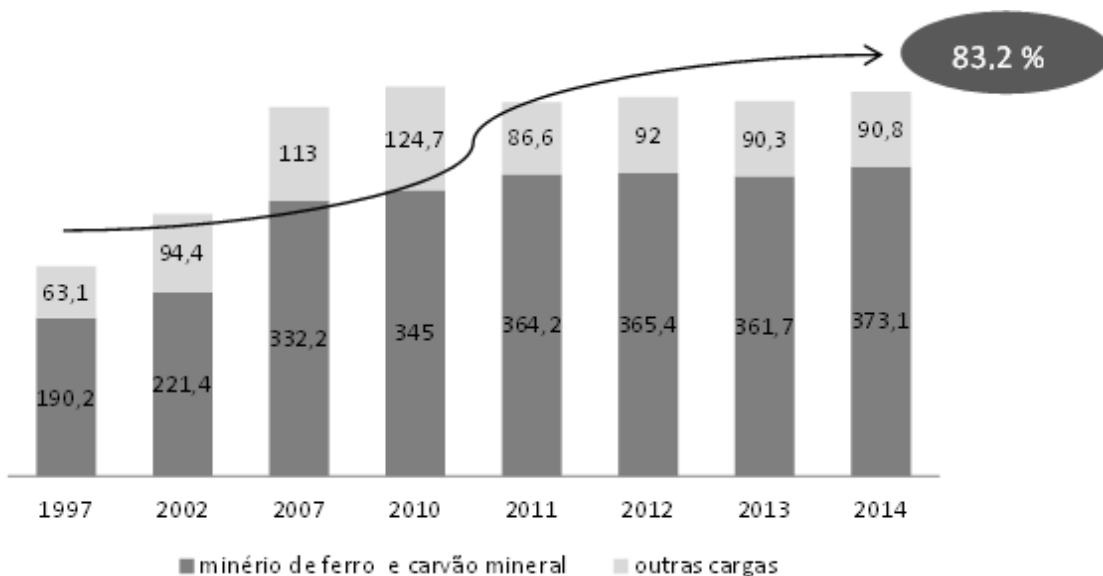
devido a problemas nas camadas inferiores que permitem que materiais finos alcancem a camada de lastro. Quando o lastro está contaminado com materiais finos, ocorre perda da capacidade de distribuição dos esforços para as camadas inferiores, o que induz uma maior pressão do lastro na região abaixo dos dormentes.

Dessa maneira, de forma cíclica, é necessária a realização dos trabalhos de socaria para que ocorra o reestabelecimento da qualidade inicial. No entanto, se percebe pela Figura 4 que o nível de qualidade alcançado se torna cada vez menor após a realização de várias socarias, de forma que existe um ponto no qual esse tipo de serviço não seja mais suficiente para garantir os padrões de segurança e conforto da via, sendo necessária assim, uma completa renovação do trecho.

1.3.2. Aumento da carga transportada

Desde 1997, quando ocorreu a concessão das ferrovias brasileiras para a iniciativa privada até o ano de 2014, houve um aumento de 83,2% da carga transportada pelo setor, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Carga transportada pelas ferrovias, em milhões de toneladas.



Fonte: ANTF

O aumento da carga movimentada, que ocorreu principalmente entre os anos de 2002 e 2007, representa esforço adicional na estrutura da ferrovia, o que pode tornar o projeto inicial inadequado para a demanda de esforços solicitados, e, portanto, justificar a realização de uma renovação.

1.3.3. Componentes da superestrutura

1.3.3.1. Trilhos

Os trilhos possuem as funções de servirem como superfície de rolamento, e também de transmitirem os esforços para a infraestrutura. Dessa forma, a renovação desses componentes ao fim da sua vida útil é importante para garantir a segurança, conforto e eficiência da via. O desgaste ou defeitos repentinos podem levar a acidentes de graves proporções.

Os trilhos devem garantir as seguintes características a fim de resistir aos esforços solicitados:

1. Dureza para reduzir o desgaste;
2. Elasticidade para recuperar as deformações;
3. Tenacidade para resistir às fraturas;
4. Resistência à flexão para evitar o rompimento do trilho;
5. Resistência à fadiga para evitar trincas;

Tendo em vista o custo do material utilizado nos trilhos, é de interesse econômico saber o grau de deterioração para o qual os trilhos podem operar sem que seja necessária sua renovação.

1.3.3.2. Dormentes

Os dormentes possuem a função de receber os esforços do trilho e transmiti-los ao lastro, fixar os trilhos e manter a bitola na linha. Esses componentes devem possuir as seguintes características básicas:

1. Comprimento e largura que forneçam uma superfície de apoio suficiente para que o lastro possa exercer sua função de amortecimento e distribuição dos impactos;
2. Espessura que lhe propicie a rigidez necessária;
3. Resistência suficiente para receber os esforços verticais e transversais;
4. Alta durabilidade.

Os materiais mais comumente utilizados na fabricação de dormentes são a madeira e o concreto, sendo que podem ser utilizados também o aço e materiais compósitos. A escolha do material a ser utilizado depende principalmente do desenvolvimento da indústria de fabricação local, do custo e do tipo de dormente utilizado na mesma região pela concessionária. Os dormentes de madeira devem ser feitos de madeira de lei, o que implica altos custos ou pode-se usar madeira comum, porém esta deverá receber tratamento químico adequado.

Na construção de uma via férrea, o espaçamento entre dormentes depende de cálculos que levam em conta características da superestrutura, da infraestrutura e do material rodante. Logo, caso a via venha a receber locomotivas transportando cargas por eixo maiores que o limite para a qual foi projetada inicialmente, deverá ser feita uma renovação a fim de ajustar, entre outros aspectos, o espaçamento entre os dormentes.

A vida útil dos dormentes de madeira varia em função do tipo de madeira utilizada. Dado o alto custo de se utilizar madeiras de boa qualidade, encontram-se frequentemente no Brasil dormentes de madeira feitos com madeira de baixa qualidade, muitas vezes sem o tratamento químico adequado, o que reduz a vida útil dos dormentes, implicando em custos de manutenção e renovação, ou compromete a segurança da via.

A durabilidade dos dormentes depende também do clima, da drenagem do lastro, do volume e da velocidade de tráfego, do peso da carga transportada e da geometria da ferrovia.

1.3.3.3. Lastro

O lastro tradicionalmente é composto de brita graduada entre ½” e 2 ½” e possui as seguintes funções:

1. Distribuir de forma uniforme sobre a plataforma os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho adequado a plataforma;
2. Impedir os deslocamentos dos dormentes, tanto na vertical como horizontalmente;
3. Formar um suporte, atenuando as vibrações resultantes da passagem dos veículos rodantes;
4. Suprimir as irregularidades da plataforma, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos;
5. Facilitar a drenagem.

Um dos principais problemas encontrados no lastro ferroviário é a presença de finos contaminantes, provenientes principalmente da fratura e abrasão das partículas do lastro, do desgaste do dormente de concreto, infiltração dos materiais das camadas de baixo ou materiais da região próxima a via. Em países como o Brasil onde grande parte da carga transportada é minério de ferro ou carvão mineral, o lastro apresenta altas taxas de contaminação devido aos finos que caem dos vagões.

Quando a presença de materiais finos compromete a elasticidade e a capacidade de drenagem do lastro é necessário realizar a renovação do mesmo.

2. RENOVAÇÃO DA FERROVIA

2.1. Definição

A renovação ferroviária consiste em trocar alguns componentes da superestrutura e possui algumas finalidades tais como: diminuir as deformações da via, corrigir inclinações e permitir que a via possa receber locomotivas transportando cargas maiores.

A construção de uma nova via obriga a realização de trabalhos adicionais comparados com a renovação, como por exemplo, movimentações de terra, instalações de sistemas de telecomunicação, sinalização e drenagem, ao passo que a renovação considera principalmente os trabalhos na superestrutura.

.A seguir serão descritos os principais tipos de renovação em ferrovias e os trabalhos relacionados.

Renovação completa: Implica na renovação de todos os componentes em um determinado trecho da ferrovia. É necessária a recuperação do lastro, substituição dos dormentes, dos trilhos e aparelhos de fixação.

Renovação dos dormentes: É necessário realizar a substituição de todos dormentes em um determinado trecho além da recuperação do lastro.

Renovação Casual: Substituição de alguns dormentes e trilhos inutilizáveis.

2.2. Dificuldades na renovação da via

2.2.1. Tempo de posseção

Um dos fatores mais importantes a se considerar durante a renovação de uma ferrovia é o denominado tempo de posseção, sendo esse o tempo no qual é possível fechar a via para que os trabalhos de manutenção e renovação possam ser realizados. O conflito de interesses entre as equipes de renovação/manutenção e a operação torna o planejamento das janelas de interrupção um processo de grande complexidade e sensibilidade, uma vez que a via deve interromper suas operações para ser realizada a renovação. O problema se torna especialmente complicado em

vias estratégicas, com alto tráfego de trens, no qual a interrupção da via representa considerável perda financeira para a operadora.

Ferrovias duplicadas possibilitam tempos de posseção maiores, uma vez que o tráfego não precisa ser totalmente interrompido, o que reduz consideravelmente o custo de paralisação do trecho. No entanto, ainda é pouco comum encontrar no Brasil ferrovias duplicadas. Até mesmo ferrovias de grande interesse econômico, como a Estrada de Ferro Carajás (EFC) operada pela VALE, não são totalmente duplicadas.

São encontrados diversos modelos de renovação no que diz respeito ao tempo de posseção, desde longas janelas de fechamento (geralmente alcançado para vias duplicadas ou no qual seja possível realizar algum tipo de desvio), até mesmo janelas de poucas horas durante o período da madrugada. Cada modelo pode levar a aplicação de diversas técnicas e equipamentos para a execução dos trabalhos.

Uma janela típica de trabalho de renovação pode ser dividida como mostra a Figura 5, no qual é necessária a realização de alguns trabalhos iniciais, como por exemplo:

- Preparação dos materiais (lastro, dormentes e trilhos) e deslocamento até o trecho da renovação;
- Preparação dos equipamentos e seu deslocamento até o trecho da renovação;
- Procedimentos de segurança e sinalização da via;

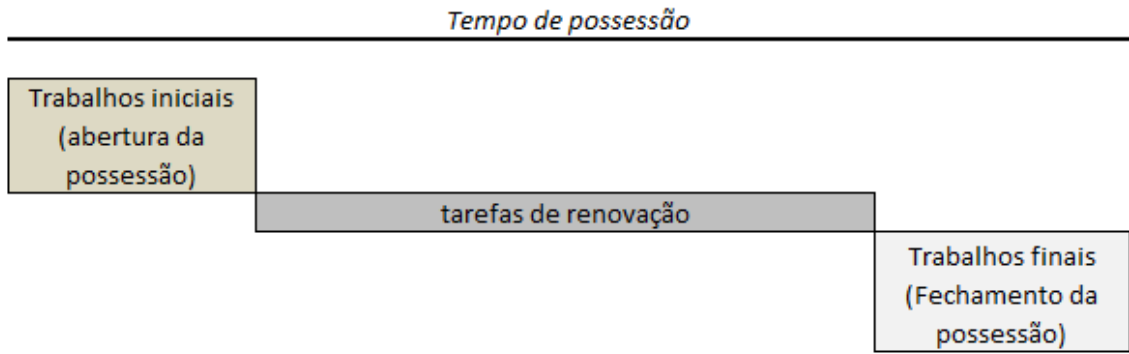


Figura 5 - Janela típica de renovação

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Após a realização das atividades de renovação são necessários procedimentos finais a fim de regularizar o tráfego de trens como na abertura da posseção.

Dessa forma, pode-se perceber que a presença dos trabalhos de abertura e fechamento da posseção torna o tempo efetivo para a realização das atividades de renovação ainda menor.

A Figura 6 apresenta alguns exemplos com diferentes tamanhos de janela de operação, que serão descritas a seguir.

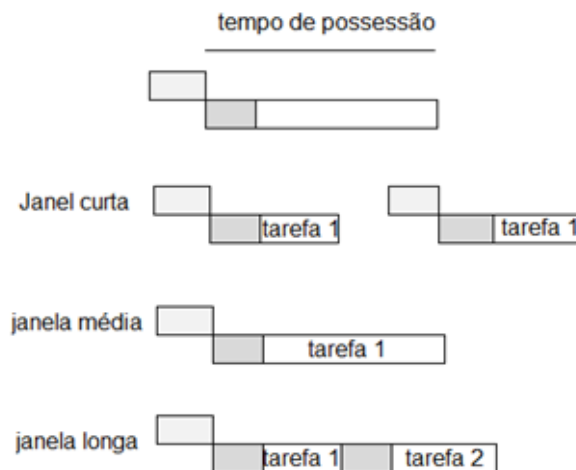


Figura 6 – Janelas de renovação

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Janela curta: Duração de até 5 horas. A realização da mesma tarefa deverá ser dividida em mais de uma janela. Nesse tipo de operação as atividades de abertura da possessão (dentro e fora da possessão) deverão ser realizadas em cada janela necessária, o que eleva o tempo e o custo dado a necessidade de serviços adicionais realizados, além de aumentar a perda de receita devido ao tempo que o tráfego fica suspenso.

Janela média: Duração de até 10 horas. A tarefa pode ser realizada inteiramente dentro de uma janela;

Janela longa: Duração de mais de 10 horas. Esse tipo de janela pode permitir a realização de mais uma atividade e tende a apresentar o melhor benefício em termo de custos, uma vez que para a realização da segunda tarefa não serão necessárias as atividades de abertura de possessão fora do tempo disponível, o que reduz o custo do processo.

Desse modo, percebe-se que a configuração da janela em que o trabalho é realizado pode influenciar significativamente nos custos associados ao processo de renovação e deve, portanto, ser levado em consideração nos planejamentos dessas atividades. A análise da relação do tempo de possessão e custo da operação é de grande importância durante o planejamento da renovação. Conhecer os trabalhos envolvidos, o exato tempo necessário para sua realização, o tempo de preparação dos equipamentos e o tempo de deslocamento dos materiais e carregamento dos equipamentos são de elevada importância para a eficiência do processo.

Dado esse cenário, a escolha dos métodos e equipamentos a serem utilizados no processo de renovação depende significativamente do tempo total de possessão e quantidade de janelas disponíveis. Contratos de renovação com janelas curtas podem exigir equipamentos de entrada e saída rápida da via, carregamento rápido de material (se necessário), ao passo que janelas longas permitem equipamentos mais robustos que possam apresentar produtividade maior e, portanto, menor custo por quilômetro renovado.

2.3. Etapas da renovação

A renovação de uma via pode ser resumida, em geral, em quatro etapas básicas:

- Troca dos trilhos
- Troca dos dormentes
- Troca do lastro
- Serviços adicionais

2.3.1. Remoção dos componentes

A desmontagem começa com o corte dos trilhos para que estes possam ser retirados facilmente, pois se tratam de barras longas soldadas. Este processo em geral é feito por meio de maçaricos, caso os trilhos não sejam reaproveitados.

Em seguida, são realizadas as remoções do trilho junto com os dormentes. Os dormentes devem ser renovados quando a porcentagem dos mesmos inutilizáveis corresponde a 30% nas vias principais e 35% nas secundárias. As condições que implicam na inutilização de um dormente são citadas a seguir:

Dormente de madeira: Se torna inutilizável quando ele se encontra quebrado, queimado ou com afundamento na região de contato com o trilho. Também podem ser considerados inutilizáveis quando os elementos de fixação perderam sua capacidade ou quando o dormente apresenta completa deterioração de sua estrutura devido ao ataque de agentes biológicos.

Dormente de aço: Se torna inutilizável quando apresenta corrosão excessiva. A vida útil de um dormente de aço é entorno de 40 a 50 anos.

Dormente de concreto: Quando apresenta deformações excessivas ou rachaduras que exponham as ferragens.

A remoção dos dormentes pode ser realizada por meio de máquinas não automatizadas. Na Europa é utilizada frequentemente uma máquina conhecida como “Vaiacar”, conforme apresentado na Figura 7 em referência a principal marca produtora. A remoção também pode ser realizada por meio de máquinas automatizadas, o que gera um ganho significativo de produtividade, porém apresenta custo mais elevado e exige mão-de-obra mais qualificada. Um exemplo desse tipo de máquina é a renovadora de linha P190 da Matisa, conforme

apresentada na Figura 8, que é um dos equipamentos de manutenção de via mais modernos do Brasil, utilizada na estrada de ferro Vitória Minas (EFVM) e na Estrada de Ferro Carajás.



Figura 7 – Vaiacar (Fonte: QUIRINO, 2010)



Figura 8 - Máquina P190 (Marca Matisa) para substituição de dormentes e trilhos
(Fonte: QUIRINO, 2010)

Após a remoção da grade, resta a retirada do lastro, que pode ser feita com a utilização de uma pá-carregadeira ou escavadeira, por exemplo. A substituição do lastro ferroviário acontece principalmente devido a contaminação do mesmo com material fino, o que contribui para a alteração de suas características. A contaminação por materiais finos causa uma mudança na granulometria do material, comprometendo a capacidade de drenagem, além de interferir no imbricamento entre os grãos. Essa contaminação pode também ocorrer por conta da fratura e

abrasão das partículas do lastro, por infiltração de finos das camadas subjacentes, por desgaste do dormente de concreto ou mesmo por queda de matérias da superfície.

2.3.2. Colocação de novos componentes

Em seguida, é realizado o posicionamento dos dormentes sobre o lastro. Dormentes de concreto pesam mais que 200 kg e, portanto, não podem ser manuseados por trabalho manual. Dessa forma, para alocação dos dormentes é comum o apoio de máquinas como o “Vaiacar” ou por meio de um sistema de pórticos. Um par de pórticos é usado para pegar os dormentes em cima de vagões ou caminhão e colocá-los sobre o lastro, no espaçamento especificado, sendo necessária a utilização de uma linha auxiliar, geralmente montada com trilhos leves, que permitirá aos pórticos percorrerem a extensão na linha, conforme apresentado na Figura 9.



Figura 9 - Descarga dos dormentes na plataforma por meio de sistema de pórticos
Fonte: Sistema de Pórtico. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

O passo seguinte seria a colocação dos trilhos sobre os dormentes, sendo possível a realização desse trabalho por meio de vagões específicos para essa tarefa ou mesmo utilizando caminhões ferroviários para tracionar as barras, sendo o

descarregamento das barras realizado sobre roletes colocados a cada 6m. A Figura 10 apresenta o deslocamento dos trilhos utilizando um caminhão ferroviário, e a Figura 11 mostra o deslocamento dos trilhos utilizando uma locomotiva.



Figura 10 - Posicionamento dos trilhos por meio de caminhão ferroviário

Fonte: Posicionamento dos trilhos por meio de caminhão ferroviário. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

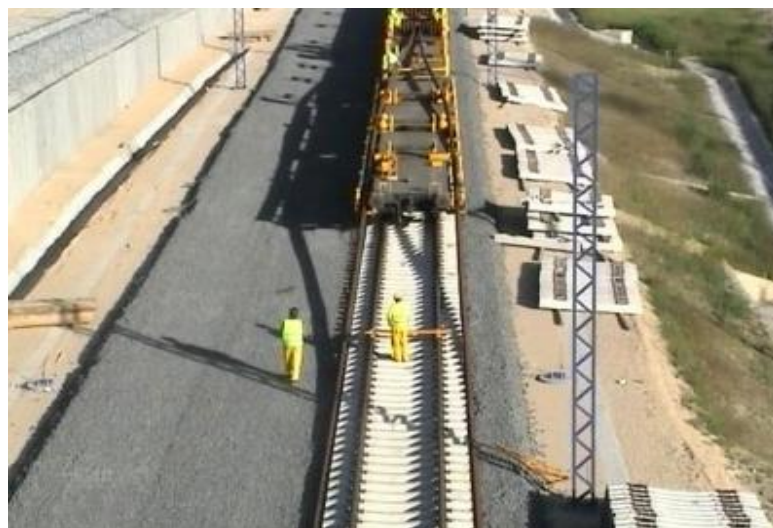


Figura 11 - Posicionamento dos trilhos por meio de vagões

Fonte: Posicionamento dos trilhos por meio de vagões. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

As extremidades dos trilhos descarregados são ligadas às dos existentes através de talas de junção e parafusos formando assim juntas de ligação provisórias, que serão substituídas posteriormente por soldas aluminotérmicas.

A produção dessas tarefas depende principalmente da produção do equipamento de descarga dos trilhos.

2.3.3. Serviços adicionais

Nessa etapa da renovação da via o lastro, dormentes e trilhos já se encontram posicionados, portanto já é possível realizar os ajustes finais.

Primeiramente ocorre a descarga de uma camada de lastro, que pode ser feita com o auxílio de caminhão ferroviário, conforme apresentado na Figura 12, ou por meio de um vagão de lastro.



Figura 12 - Aplicação de lastro utilizando caminhão ferroviário

Fonte: Aplicação de lastro. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

Após a aplicação da segunda camada de lastro, é realizada a regularização da via, levando o excesso do material de lastro para as laterais, o que garante uma superfície mais regular.

Em seguida são necessários ajustes de nivelamento da via, com o objetivo de colocar os trechos em concordância com as diferentes marcações de cota, sendo, portanto, nessa etapa a atenção quanto aos seguintes fatores:

- Nivelamento longitudinal;
- Escala;
- Bitola;
- Alinhamento;
- Distância lateral de pontos de marcação (postes);

Essa tarefa pode ser realizada com uma maquinaria pesada, como a utilização da socadora-niveladora-alinhadora, apresentada na Figura 13.



Figura 13 – Máquina socadora-niveladora-alinhadora

Fonte: Socadora-niveladora-alinhadora. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

A soldagem de trilhos é a operação que consiste em eliminar os espaçamentos entre os trilhos que constituem os pontos fracos da via. A soldagem tem a função de aumentar a vida útil do trilho, reduzir despesas de manutenção da via além de possibilitar o movimento mais suave aos trens, de forma a dar maior conforto e velocidade. Geralmente é utilizada a solda aluminotérmica, mostrada na Figura 14.



Figura 14 - Solda aluminotérmica

Fonte: Solda aluminotérmica. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

3. MÉTODOS PARA RENOVAÇÃO

Nesta seção do trabalho, serão apresentados alguns equipamentos utilizados em métodos automatizados e semi-automatizados de renovação de superestrutura ferroviária, especificando as condições aplicáveis, assim como vantagens e desvantagens de cada equipamento.

É apresentado na Figura 15 um resumo das máquinas utilizadas em alguns dos processos automatizados e semi-automatizados, que serão descritos a seguir:

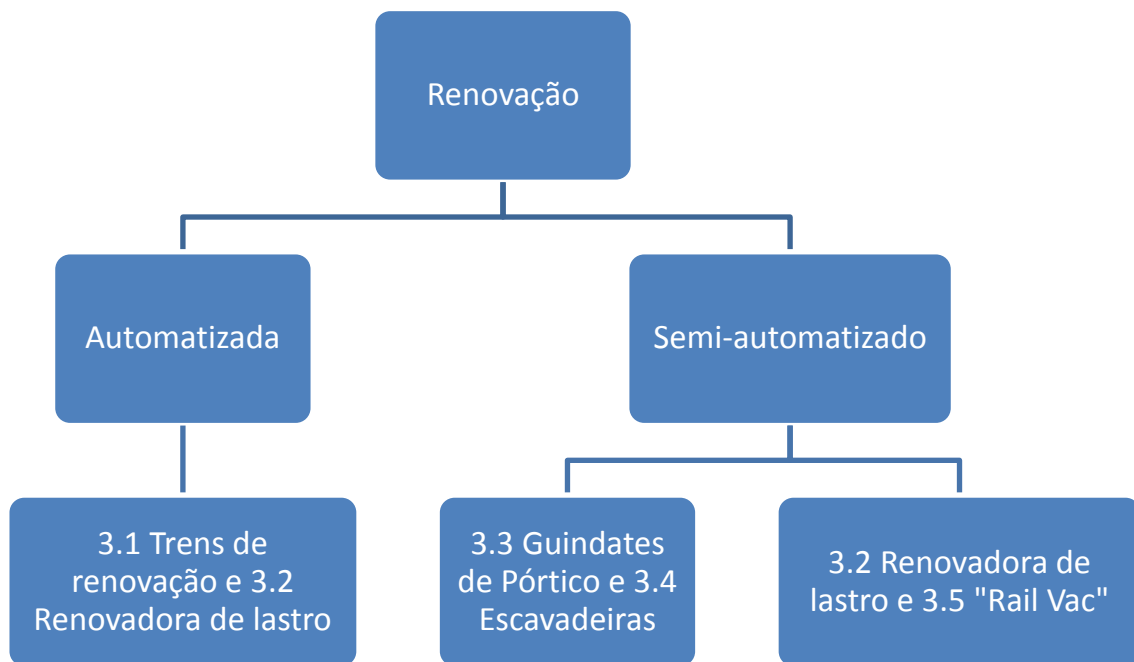


Figura 15 - Resumo de processos

Fonte: (Elaborado pelo autor)

3.1. Métodos automatizados

3.1.1. Trens de renovação (TRT)

A primeira máquina totalmente automatizada de renovação de via ferroviária foi apresentada em 1968 pela empresa austríaca Plasser & Theurer. As máquinas dessa categoria se caracterizam pelo fato de utilizarem uma quantidade muito pequena de trabalho manual durante toda a renovação. Todos os grandes fabricantes, entre eles a Harsco, Matisa e Plasser & Theurer possuem máquinas dessa categoria com um funcionamento bem semelhante. A seguir, foi detalhado brevemente o funcionamento de duas das máquinas mais utilizadas dessa categoria, a P190 da Matisa, e a TRT 909 da Harsco.

3.1.1.1. P190 Matisa

No Brasil, a companhia Vale do Rio Doce apresenta duas unidades da máquina P190 da fabricante Matisa, uma na EFVM e a outra em Carajás. Essas máquinas, conforme apresentadas na Figura 16 e na Figura 17, retiram os

dormentes antigos e transportam, por meio de esteiras, para um vagão. Quando esse vagão fica cheio, um guindaste de pórtico transporta esses dormentes velhos para outro vagão localizado na parte da frente da máquina que possui apenas dormentes velhos, que poderão ser reutilizados ou descartados. Da mesma forma, os dormentes novos são colocados em uma esteira e descarregados na via por uma garra mecânica em uma distância padrão (geralmente, 60 cm de espaçamento entre dois dormentes). Os vagões que carregam esses dormentes novos estão localizados também na parte da frente da máquina e são transportados pelos guindastes de pórtico. Por fim, os trilhos antigos são retirados e armazenados em outro vagão auxiliar.

Essas máquinas podem ser integradas a uma máquina de limpeza de lastro, realizando assim o tratamento do lastro contaminado e sua remoção ou renovação.



Figura 16 - Esquema de funcionamento da máquina P-190

Fonte: P-190. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 17 - Máquina P-190 da Matisa cujo proprietário é a VALE.

Fonte: P-190 Matisa. Disponível em: <<http://www.matisa.ch/en/matisa-track-renewal-trains.php>>. Acesso em: 08 de outubro de 2017.

3.1.1.2. TRT 909 Harsco

No Brasil, ainda não existem máquinas TRT 909 da fabricante Harsco, apesar de essa máquina ser bastante comum nos Estados Unidos. O funcionamento dessa máquina é bem parecido com a P190, possuindo algumas poucas diferenças, como a remoção automática das fixações dos trilhos. Segundo a fabricante, a TRT 909, mostrada na Figura 18 e na Figura 19, tem a capacidade de renovar 2,2 km de via a cada 24 horas de tempo de posseção.



Figura 18 - Esquema de funcionamento da TRT-909 com esteira

Fonte: TRT- 909. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 19 - TRT 909 da fabricante Harsco.

Fonte: TRT 909. Disponível em: <<http://www.businesskart.co.in/infrastructure/railway-network/rail-track-renewal>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

3.1.2. Renovadora de lastro

Existem várias máquinas de tratamento de lastro, como por exemplo, a RM800 e RM900, mostrada na Figura 20. Basicamente, essas máquinas possuem uma esteira que carregam o lastro antigo para um compartimento que irá lavar e separar o lastro das demais partículas de materiais finos e poderão ser colocados novamente na via ou descartados, conforme especificação do cliente.



Figura 20 - RM900 Renovadora de lastro

Fonte: RM 900. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

3.2. Métodos semi-automatizados

As soluções automatizadas mencionadas anteriormente possuem na maioria das vezes um alto custo por conta da aquisição das máquinas e também por conta da mão de obra qualificada. Alguns métodos semi-automatizados podem ser boas soluções para atender o orçamento de um projeto, sem comprometer o tempo de posseção.

Os métodos semi-automatizados consistem em utilizar equipamentos mais comuns como escavadeiras, pá-carregadeiras, e até mesmos guindastes de pórticos para retirar e colocar os componentes da via com pouco auxílio de trabalho manual.

A seguir, serão descritos algumas máquinas frequentemente utilizadas em processos semi-automatizados.

3.2.1. Guindastes de pórtico

A renovação feita por guindastes de pórtico geralmente acontecem para o caso em que se deseja renovar apenas um trecho específico de uma via. Os trilhos antigos são cortados a cada 30m, conforme mostrado na Figura 21, e os guindastes retiram a grade inteira da seção, levando-a aos vagões da composição, de acordo com a Figura 22. Esses guindastes ficam sob trilhos temporários localizados ao lado da via. Após a colocação do lastro, os dormentes novos são transportados de um vagão e colocados na seção da via, mostrado na Figura 23 e na Figura 24. O lastro novo é então descarregado em cima da grade nova, conforme mostrado na Figura 25.



Figura 21 – Corte dos trilhos

Fonte: Corte dos trilhos. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 22 - Retirada da grade pelos guindates de pórtico

Fonte: guindaste de pórtico. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 23 - Dormentes novos são coletados

Fonte: Coleta de dormentes. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 24 - Dormentes novos são posicionados

Fonte: Posicionamento de dormentes. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.



Figura 25 - Lastro novo é colocado sob a grade

Fonte: Colocação de lastro. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

3.2.2. Escavadeiras

Esse método é bem parecido com o de guindastes de pórtico. A diferença é que a máquina que retira a grade é uma escavadeira adaptada com garras para abraçar

os dormentes e leva-los a um vagão para armazenamento. Essas escavadeiras podem ter trilhos ou então esteiras. Da mesma forma, os dormentes novos são colocados também com a escavadeira adaptada. Após a remoção da grade, o lastro é removido por uma escavadeira tradicional que irá descarregar o lastro antigo em um vagão localizado em um trilho auxiliar. A Figura 26 apresenta a escavadeira adaptada com as garras.



Figura 26 - Escavadeira adaptada

Fonte: Escavadeira adaptada. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

3.2.3. Rail Vac

O Rail Vac é um equipamento frequentemente utilizado para a remoção do lastro. Como exemplo dessas máquinas, tem-se o VM170 Jumbo da Plasser & Theurer, mostrado na Figura 27. Essas máquinas possuem uma mangueira que irá sugar o lastro entre os dormentes e abaixo da grade e leva-los a um compartimento para tratamento ou descarte.

Esse tipo de máquina vem sendo cada vez mais utilizado. No metrô de São Paulo, a VM170 Jumbo é utilizada durante a noite, com um tempo de posseção de três horas, e consegue efetivamente remover 20 metros de lastro nesse período.



Figura 27 - Rail Vac

Fonte: Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

3.2.4. Pá-carregadeira

As pás-carregadeiras são bastante utilizadas em outros serviços de engenharia, como a terraplenagem. Na renovação ferroviária, elas podem ser alocadas para fazerem a remoção e colocação do lastro, e também do material fino para reforço do subleito. Elas precisam de um auxílio de um caminhão basculante ou vagão auxiliar para realizarem a retirada e colocação do lastro. A Figura 28 apresenta uma máquina pá-carregadeira descarregando lastro sobre uma via ferroviária.



Figura 28 - Pá-carregadeira realizando a colocação de lastro na via.

Fonte: Pá-carregadeira. Disponível em : < <https://www.portaldosequipamentos.com.br>>. Acesso em 08 de Outubro de 2017.

4. MÉTODO PROPOSTO

4.1. Retirada e colocação dos trilhos

A retirada dos trilhos será realizada com um auxílio de um caminhão adaptado para andar sobre trilhos (caminhão ferroviário) ou locomotiva. Os trilhos devem ser cortados de preferência nas regiões onde existem talas de junção, que costumam se distanciar a cada 180 metros, de forma a não criar mais pontos de solda após a realocação dos trilhos, pois estas regiões representam pontos de fraqueza na via e são mais passíveis de ruptura. A Figura 29 mostra uma tala de junção em um trilho.

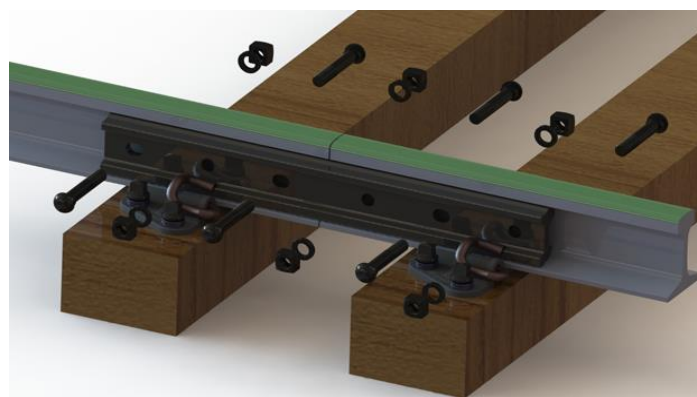


Figura 29 - Talas de junção

Fonte: Talas de junção. Disponível em: < <http://www.brrailparts.com.br>>. Acesso em 06 de Outubro de 2017.

Como ainda é bastante comum encontrar em vias ferroviárias brasileiras dormentes de madeira de baixa qualidade, que conseqüentemente possuem uma baixa vida útil, é comum ocorrer a renovação dos dormentes antes da renovação do trilho. Dessa forma, foi considerado no método proposto que o trilho seja apenas deslocado para a renovação dos dormentes e do lastro e em seguida seja reutilizado na via. Caso seja necessária sua substituição, o trilho pode ser colocado ao lado da via e posteriormente retirado do local ou então transportado por vagões.

Antes da abertura do período de possessão, alguns trabalhos podem ser adiantados, como por exemplo, o afrouxamento de algumas fixações entre trilhos e dormentes, com o intuito de aproveitar ao máximo o tempo de paralização da via disponível para a renovação. Depois de soltos das talas, o trilho pode ser acoplado ao caminhão ferroviário ou locomotiva aproveitando-se a região perfurada da tala de junção para fazer o engate. Em seguida, o trilho deve ser deslocado com o auxílio de roletes e tracionado pelo caminhão ou locomotiva para o centro do trecho da via que não será renovado. A Figura 31 representa uma locomotiva puxando os trilhos e a Figura 30 esquematiza o deslocamento do trilho da posição de fixação para o centro da via. O deslocamento dos trilhos feitos pelo trem rodoviário é representado na Figura 10. Após a realização das etapas que sucedem a retirada do trilho, o mesmo deverá ser empurrado para sua posição original de forma similar ao processo de retirada.

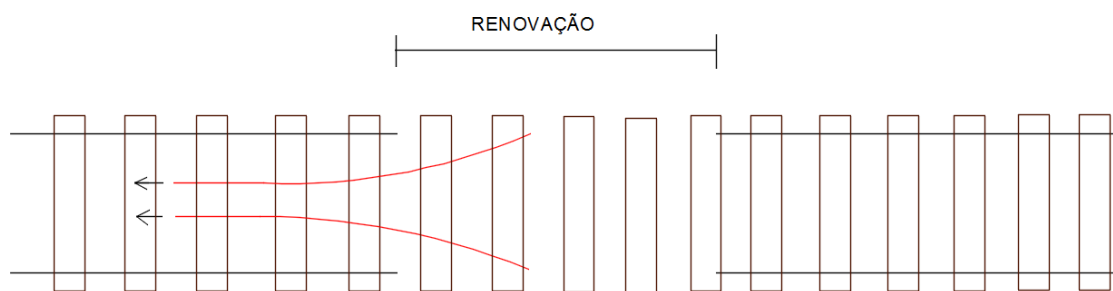


Figura 30 - Representação esquemática da retirada do trilho para o centro do trecho que não será renovado

Fonte: (Elaborado pelo autor)



Figura 31 - Composição puxando trilho

Fonte: Composição puxando trilho. Disponível em: < <http://www.alamy.com>>. Acesso em 28 setembro 2017.

4.2. Retirada e colocação dos dormentes

A retirada dos dormentes será realizada através de uma escavadeira adaptada com garra e esteira alargada para poder se mover na parte externa da via. A Figura 32 ilustra o funcionamento da escavadeira adaptada com a garra de dormentes retirando os dormentes antigos. A adaptação da garra consegue transportar 6, 8 ou 10 dormentes de concreto e consegue automaticamente espaçar os dormentes de acordo com os parâmetros de projeto. O reboque sob pneus, localizado imediatamente atrás da escavadeira, irá auxiliar a escavadeira transportando os dormentes novos ou antigos e serão carregados/descarregados através de um sistema de guindastes de pórtico. A Figura 33 ilustra o funcionamento da escavadeira e do guindaste de pórtico. Durante o funcionamento da escavadeira, o guindaste irá continuamente retirar os dormentes novos do reboque levando-os para os vagões auxiliares.



Figura 32 - Escavadeira adaptada para a retirada dos dormentes (LOPES, 2017)

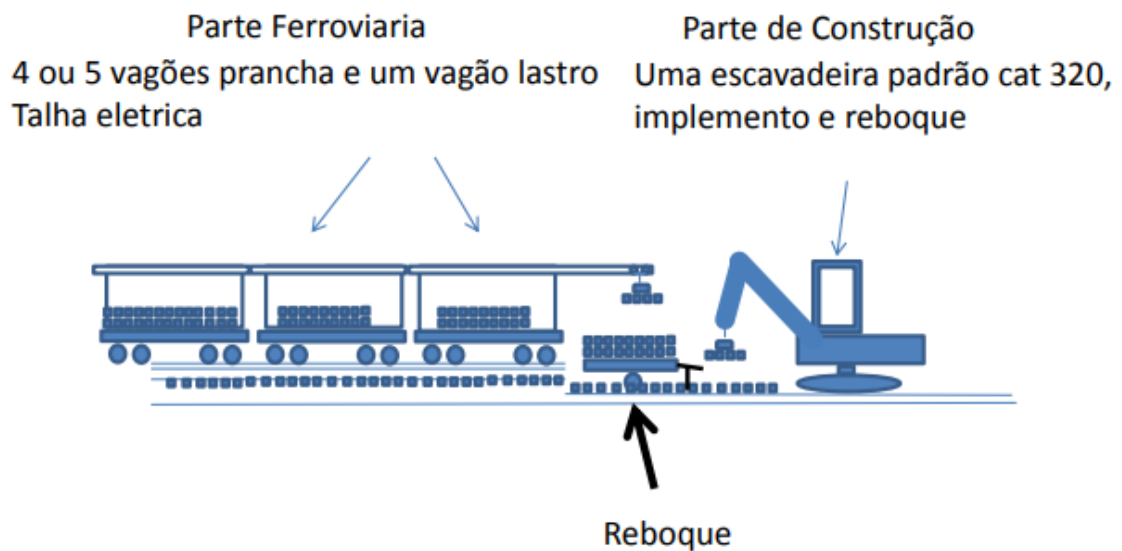


Figura 33 - Sistema para a retirada dos dormentes (LOPES, 2017)

A decisão de utilizar essas máquinas para a retirada dos dormentes ao invés das máquinas de alto desempenho como a P190 e TRT 909 se baseia nos pontos a seguir:

1. As máquinas mecanizadas de alto desempenho (processo automatizado) apresentam rendimento elevado quando estão trabalhando em condições plenas de operação, sendo que dado qualquer interrupção, seu rendimento fica comprometido e próximo dos processos semi-mecanizados. Essas máquinas necessitam também

de tempos de posseção elevados, como é o caso da TRT 909 da Harsco, que, segundo o fabricante, necessita de 24 horas de tempo de posseção para atingir seu desempenho máximo. No Brasil, 90% dos tempos de posseção são menores que 24 horas, o que já comprometeria o bom funcionamento dessas máquinas;

2. Após a execução do serviço, essas máquinas devem ser retiradas do trecho, contudo, devem prosseguir até o desvio mais próximo, o que eleva o tempo de abertura da via, ou reduz o tempo de operação;

3. É importante levar em consideração que atualmente a empresa VALE possui duas unidades de máquinas automatizadas P190 Matisa para renovação de suas ferrovias que se encontram paradas, e, portanto, levantam dúvidas quanto a eficácia e eficiência desses sistemas para as ferrovias brasileiras;

4. Outro ponto a se considerar é que as escavadeiras são máquinas comumente encontradas e utilizadas em outros serviços de engenharia, e, portanto, apenas sua adaptação seria necessária, tornando assim desnecessário em um primeiro momento o custo de aquisição.

4.3. Retirada e colocação do Lastro

Após a retirada dos dormentes, planeja-se fazer a retirada do lastro por meio também de uma escavadeira, como por exemplo, uma Caterpillar 320, mostrada na Figura 34. Caso não seja realizada a remoção dos dormentes, a máquina a ser utilizada seria o Rail Vac por conta da facilidade que essa máquina possui de retirar o lastro localizado entre os dormentes.



Figura 34 – Escavadeira Caterpillar 320

Fonte: Escavadeira Hidráulica Caterpillar. Disponível em:<
<http://cavaengenharia.com.br/equipamentos-e-locacao/>>. Acesso em 8 outubro 2017.

Caso exista espaço disponível para se trabalhar ao lado da via, pode-se utilizar um caminhão basculante para o transporte do lastro, contudo, considerando o caso onde não se pode acessar a via pela lateral, o lastro pode ser transportado em vagões. A colocação de um novo lastro pode ser feita por meio da escavadeira, conforme representado na Figura 35 ou por meio de um vagão de lastro, após a colocação dos novos dormentes e recolocação dos trilhos. O vagão de lastro possui uma abertura no fundo do equipamento que permite que o lastro seja descarregado sob a via, conforme mostrado na Figura 36.



Figura 35 - Utilização de escavadeira para colocação do lastro

Fonte: Escavadeira. Disponível em: <<http://www.eliteprecast.co.uk/>>. Acesso em 08 de Outubro de 2017.



Figura 36 - Vagões de lastro

Fonte: Vagão de lastro. Disponível em: <<http://4.bp.blogspot.com>>. Acesso em 08 de Outubro de 2017.

4.4. Serviços adicionais

Após a retirada completa do lastro, poderão ser realizados pequenos serviços na plataforma e colocação de Geogrelha caso seja previsto no projeto de renovação.

Na posseção seguinte podem-se realizar serviços de socaria, nivelamento e alinhamento mecanizado final no trecho que foi renovado na posseção anterior.

Os serviços de socaria serão realizados por meio de uma máquina socadora.

4.5. Estimativa de custo

Conforme descrito nos tópicos anteriores, é feito na Tabela 1 um levantamento preliminar do custo dos equipamentos utilizados no método proposto. Esses fabricantes já produzem esses equipamentos no Brasil, o que facilita também a manutenção e transporte dos mesmos. Vale ressaltar que a escavadeira, por ser um equipamento bastante utilizado em outros serviços de engenharia, poderia não ser adquirida inicialmente, apenas adaptada com a garra de dormente e a esteira alargada.

Tabela 1 - Tabela de preços

Equipamentos	Valor	Fabricante
Escavadeira	R\$ 615.000,00	Caterpillar
Adaptação esteira	R\$ 190.000,00	Supermetal
Adaptação escavadeira	R\$ 140.000,00	Supermetal
Reboque	R\$ 250.000,00	Supermetal
TOTAL	R\$ 1.195.000,00	

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Fazendo uma breve comparação com as máquinas totalmente automatizadas, a P190 da MATISA, por exemplo, custa R\$ 65.000.000,00, além de que essas máquinas geralmente necessitam de uma grande quantidade de trabalhadores especializados para operá-las. Compensaria utilizar essas máquinas apenas para um projeto em que se tenha um tempo de posseção médio de 24 horas, necessário para atingir o bom funcionamento das máquinas de alto desempenho, e que seja previsto uma demanda alta e de grande volume de via para renovar.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista o contexto da malha ferroviária brasileira, pode-se concluir que o método semi-mecanizado proposto apresenta vantagens econômicas significativas em comparação aos métodos totalmente mecanizados que utilizam equipamentos de alto rendimento, como a P190 e a TRT 909. Observa-se que a maioria das máquinas de grande porte utilizadas no método mecanizado possui elevado custo, limitações para operar com a produtividade máxima, além de que não são fabricadas no país, o que gera problemas de manutenção e adequação às características das vias brasileiras.

O método de renovação proposto neste trabalho fez uso de equipamentos comumente utilizados e de fácil aquisição na engenharia civil, facilitando ainda mais a implementação do método.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

QUIRINO, J. V. R. **Obras de renovação de via férrea e máquina pesada utilizada.** 76 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de engenharia, Universidade do porto, Porto. 2010.

DA COSTA, R et al. **Avaliação da contaminação de lastro ferroviário.** In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28.,2014, Curitiba.

LICHTBERGER, B. **Track compendium** : Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics. 1.ed. Eurailpress. 634 p.2005.

Benchmark of production and replacement of railway infrastructure. Disponível em: <<http://www.mainline-project.eu>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.

SENA, R. G. **Do entulho retirado da malha ferroviária brasileira.** 2016. 39 p. Monografia (Curso de especialização em construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais.2016

Ribeiro, F et al. **Análise do custo do ciclo de vida do lastro ferroviário na estrada de ferro vitória minas.** In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28.,2014, Curitiba.

LIDÉN ,T.; JOBORN, M. Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact. **Journal of Rail Planning e management**, v. 6, p. 32-47, 2016.

PINTO, P. **Modelo técnico –econômico para escolha de dormente.** 2012. 64 p. Monografia (especialização) – Instituto Militar de Engenharia. 2012.

Metodologia de execução dos principais serviços como exemplo obra valec – lote-05. Disponível em: <www.tiisa.com.br>. Acesso em: 25 de mai de 2017.

Macêdo, F. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários.** 2009. 41 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia de produção) – Universidade federal de juiz de fora , Juiz de fora, 2009.

LOPES, S. **Renovação da via permanente**. In: SEMINÁRIO: RENOVAÇÃO DA VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA. 2017, Rio de Janeiro.

Produtividade máxima sobre os trilhos. Revista manutenção e tecnologia, v.163, dez. 2012 Disponível em:

<http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com_contenido&task=viewMateria&id=1234>. Acesso em: 25 mai. 2017

Modular S&C goes live. Revista RailEngineer. Dez.2012. Disponível em:

<<https://www.railengineer.uk/2012/12/18/modular-sc-goes-live/>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

JOHNSON, S. **Modular switches and crossings: A project to develop a method of renewing crossovers and turnouts within eight hours**. AUSTRALASIAN RAILWAY CONFERENCE. 2012. Canberra