

## DEFINIÇÃO DE UM CICLO DE RECUPERAÇÃO PARA DESVIOS FERROVIÁRIOS \*

Raquel Martins Rodrigues <sup>1</sup>  
Áureo Pasqualetto Figueiredo <sup>2</sup>  
Willy Ank de Moraes <sup>3</sup>

### Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar as condições gerais de desgaste de componentes designados como ‘jacarés’ que equipam os Aparelhos de Mudança de Via (AMV). As linhas consideradas neste estudo possuem predominância de composições de carga e objetivou-se criar um ciclo de manutenção preventiva para seus AMV’s. Este estudo tem importância na segurança do tráfego de veículos ferroviários, assim como no custo de substituição dos componentes estudados, concluindo-se que sua reparação bem planejada prolonga seu uso em serviço.

**Palavras-chave:** Ferrovias; manutenabilidade; confiabilidade; aparelho de mudança de via.

### DEFINITION OF A RECOVERY CYCLE FOR RAIL TRACK CHANGE DEVICES

### Abstract

The objective of this work is to analyze the general conditions of wear of ‘frogs’ (track change devices) and crossings of the Track Change Device in rail lines with predominance in freight trains and create a preventive maintenance cycle for them. This study has its importance in the matter of the traffic safety of rail vehicles and in the cost of replacing frogs, since their repair prolongs their time in service.

**Keywords:** Railways; maintenance; reliability; track change device.

<sup>1</sup> *Graduanda em Engenharia Mecânica da UNISANTA e Estagiária da MRS Regional da Baixada Santista, Santos, SP, Brasil. E-mail: martinsrodrigues.raquel@gmail.com.*

<sup>2</sup> *Doutor em Automação Portuária e Segurança do Trabalho, Mestre em Engenharia de Transportes Engenheiro Civil, Professor e Diretor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UNISANTA, Santos, SP, Brasil. E-mail: aureo@unisanta.br.*

<sup>3</sup> *Doutorando, Mestre, Engenheiro e Técnico em Metalurgia e Materiais, Consultor Técnico na INSPEBRAS, Sócio-Diretor da Willy Ank Soluções Metal-Mecânica, Professor Adjunto, UNISANTA, Santos, SP, Brasil. E-mail: willyank@unisanta.br.*

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário tem uma importância muito grande para o desenvolvimento econômico do país, tendo em vista que oferece um transporte de qualidade e com segurança. Entretanto, para que esse nível de confiabilidade seja alcançado, deve-se levar em conta todos os processos de manutenção da via com muita seriedade. Dentro da Via Permanente, a manutenção dos componentes do aparelho de mudança de via é imprescindível para o perfeito funcionamento e para a segurança. Além disso, os custos e técnicas envolvidos nesse processo, juntamente com o tempo de interrupções para as atividades preventivas, possuem grandes impactos na gestão do sistema ferroviário.

Portanto, esse trabalho tem como finalidade o estudo das condições gerais de desgaste dos 'jacarés' e cruzamentos de AMV's em linhas férreas e com predominância em trens de carga, para assim, ser possível a análise de todas as possibilidades, relevância de procedimentos de manutenção e a restauração dos núcleos dos 'jacarés', que possibilitaria um tempo em serviço maior do que o atual, trazendo inúmeros benefícios de ordem econômica para as empresas ferroviárias, tais como [1]:

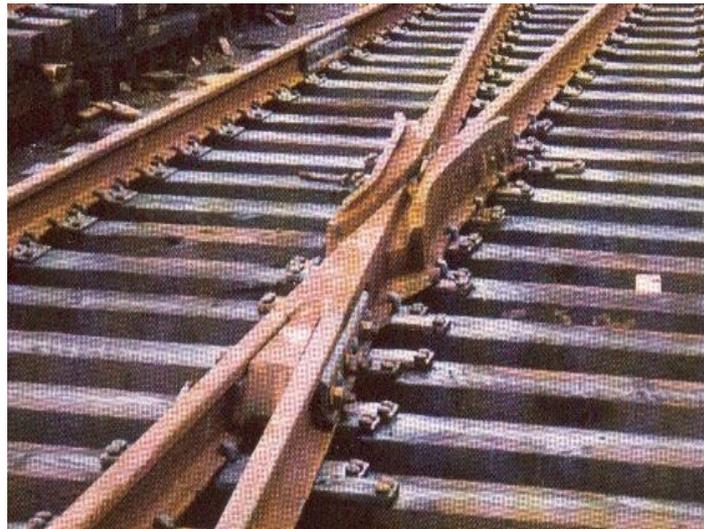
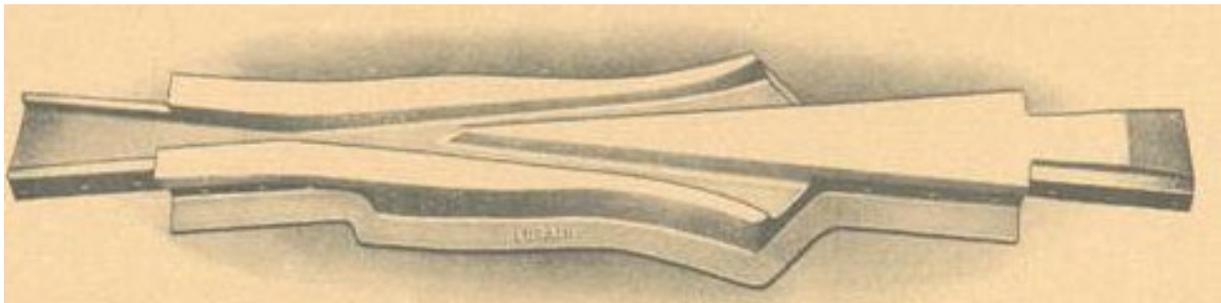
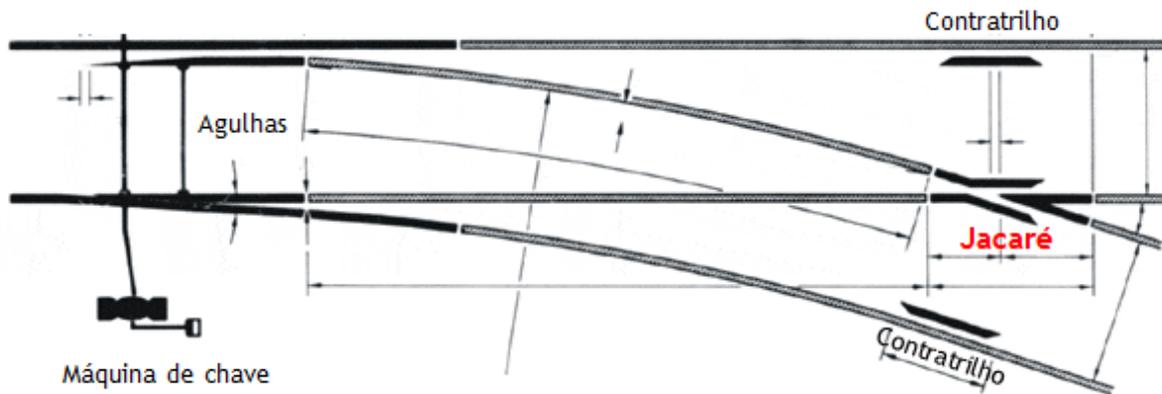
- Redução dos custos de manutenção;
- Aumento da vida útil do AMV;
- Menos tempo de hora parada (THP) por conta de manutenção corretiva;
- Entre outros.

Os aparelhos de mudança de via, ou AMV's, conforme esquematizado na Figura 1, são dispositivos que permitem que uma composição ferroviária mude de uma via para a outra sem interromper a sua marcha assegurando a continuidade da via para um determinado caminho [2].

Os AMV's podem ser de uma única bitola (larga) considerada comum e os empregados em via de dupla bitola (mista) são designados AMV's mistos. Os AMV's comuns são compostos pelos seguintes componentes, também apresentados na Figura 1:

- Agulhas;
- Encosto de agulha;
- Aparelho de manobra;
- Trilho de enlace ou de ligação;
- 'Jacaré';
- Calços;
- Coxins e
- Contratrilhos.

A manutenção dos componentes do aparelho de mudança de via é algo imprescindível para o perfeito funcionamento e para a segurança da via, portanto, pode-se considerar um item crítico para todas as grandes ferrovias, quando comparadas as outras atividades de manutenção [3]. Os custos e técnicas envolvidos nesse processo, juntamente com o tempo de interrupções de passagem de trem em um determinado trecho para as atividades preventivas, são de grandes proporções e por conta disso, tornam o estudo do aperfeiçoamento dessa área de manutenção, uma grande oportunidade de melhoria.



**Figura 1.** Esquema de situação do aparelho de mudança de via (AMV) e o detalhe de um 'jacaré'.

Devido à criticidade deste processo e pela busca de aperfeiçoamento do mesmo, o presente estudo será a base de um projeto para a melhoria dos componentes do AMV, com foco nos 'jacarés'. Esses componentes, que também são conhecidos como "coração" do AMV, são peças fundamentais em um Aparelho de Mudança de Via e seu desgaste é muito maior do que em qualquer outro componente da via permanente.

Os mais complexos são fabricados em alto Carbono, os quais podem possuir juntas soldadas ou aparafusadas. Outro tipo existente é o 'jacaré' com o núcleo em aço Manganês, na qual a conciliação de uma boa resistência ao impacto e ao desgaste são maiores que os outros aços, fazendo com que se torne mais empregado. Ambos

modelos são complexos e caros, comparados aos outros componentes existentes na via, fazendo assim que sua manutenção e reparo sejam uma excelente solução para a segurança do tráfego e do custo da substituição de outra peça.

Assim, o presente trabalho abordará as condições de desgaste dos 'jacarés' e cruzamentos de AMV's e devido à criticidade deste processo e pela busca de aperfeiçoamento do mesmo, o presente estudo será a base de um projeto para a melhoria dos componentes do AMV, com foco nos 'jacarés', dentro da empresa MRS.

Além disso, o escopo engloba a avaliação e implantação deste estudo, dentro do setor de Via Permanente de São Paulo de acordo com as necessidades encontradas e com equipes de manutenção contratadas. A proposta passará por avaliação e aprovação dentro da empresa, dentro de um processo que pode levar até o final do ano de 2018.

### 1.1 Vida Útil dos 'Jacarés'

Atualmente, a vida útil média para os 'jacarés' nos AMV's da Baixada Santista, Planalto e Vale do Paraíba é estimada em 95 Milhões de Toneladas Brutas Transportadas (MTBT) [4]. Entretanto isso pode variar de acordo com características, manutenção e carregamento no trecho ferroviário em questão.

Como parâmetro de avaliação, consideraram-se as locomotivas DASH9, fabricadas pela *General Electric*. Este equipamento possui um peso bruto de aproximadamente 195 toneladas, que distribuído sobre 6 eixos, leva a 32,5 toneladas por eixo. Com tais valores, considera-se que a taxa de circulação da Baixada Santista, por exemplo, estaria dentro de 25 MTBT por ano [4], onde teoricamente, a vida útil estimada é de 6 anos. Esses valores podem mudar para situações mais críticas, como por exemplo, a Ferrovia do Aço, onde um 'jacaré' precisa ser trocado a cada 3 meses, por conta do carregamento ser maior que o da Baixada Santista ou Vale do Paraíba.

Entretanto, apesar de ter um carregamento relativamente pequeno e ter uma vida útil média 6 anos para troca, os 'jacarés' da Baixada Santista, Planalto e Vale do Paraíba, não possuem um ciclo de manutenção que garantam ou superem essa vida útil, gerando altos custos para se manter a infraestrutura da via permanente. Desta forma, a base deste estudo será confirmar todos os efeitos positivos, econômicos e técnicos de se esmerilhar os desvios ferroviários, afim de prolongar a vida útil da peça, garantir uma manutenção mais eficaz e uma circulação ferroviária com maior segurança.

### 1.2 Efeito do Esmerilhamento

Uma superfície de contato roda x trilho irregular, provoca, além do desgaste prematuro dos componentes envolvidos (fixações, trilhos, rodas, rolamento etc.), grandes acelerações e vibrações no material rodante, provocando falhas em equipamentos, colocando em risco a circulação ferroviária.

Portanto, o esmerilhamento irá desbastar a camada superior, retirando assim, qualquer irregularidade presente no componente, seja na direção longitudinal ou transversal, permitindo que a faixa de contato permaneça na forma ideal durante toda a vida útil do 'jacaré'.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os itens a seguir contêm atividades de manutenção que serão consideradas para o cálculo de otimização da manutenção dos aparelhos de mudança de via (AMVs), com foco no componente 'jacaré':

- Esmerilhamento;
- Socaria
  - A socaria é um procedimento para o nivelamento da via, onde o lastro é impulsionado para baixo do dormente por meio de ação vibratória realizada por equipamentos mecânicos ou manuais.
- Consolidação de fixação e ligações.

Para o cálculo será considerado a situação ideal de realizar todos os serviços corretamente a cada 25 MTBT [4], ou seja, aproximadamente 1 ano.

### 2.1 Alternativas Estudadas

Neste artigo em particular não serão abrangidos os valores absolutos, mesmo porque estes variam com o tempo. Os custos estão associados aos serviços realizados por equipes terceirizadas da MRS e de aquisição de componentes. Estes foram focados em dois cenários: substituição de um 'jacaré' e manutenção por esmerilhamento. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores relativos destes cenários.

**Tabela 1.** Custos relativos à substituição de Jacaré

Serviço	Unidade de medição	Preço unitário
Socaria e nivelamento	Serviço	69%
Consolidação fixações nos AMV	Serviço	14%
Esmerilhamento de AMV	Serviço	13%
Bandeira	Diária	5%
Total investido na manutenção		100%

Fonte: MRS 2018 [5].

Os casos a seguir são comparativos de cenários com e sem manutenção ao longo da vida útil do componente, comparando os gastos em ambas situações. Para todos os cenários estudados, considerou-se para o primeiro ano, valores de uma troca de 'jacaré', pois indicaria um material novo e somente nos anos seguintes, valores de serviços para manutenção do mesmo.

**Tabela 2.** Custos relativos à manutenção por esmerilhamento

Serviço	Unidade de medição	Preço unitário
Socaria e nivelamento	Serviço	32%
Consolidação fixações nos AMV	Serviço	6%
Jacaré	Peça	62%
Total investido na troca		100%
Subst. Dormente AMV	Peça	5%

Fonte: MRS 2018 [5].

No Cenário Otimista, apresentado na Tabela 3, os valores de manutenção envolvem somente os serviços de esmerilhamento e a diária dos Bandeiras. Para o cenário sem manutenção, seria necessária uma substituição de jacaré no quarto ano, pois o componente estaria no limite de sua vida útil. Neste caso, haveria um ganho para cada jacaré em R\$18.205,83 em 6 anos.

**Tabela 3.** Cenário Otimista - Custos reais para a manutenção x substituição dos jacarés

Manutenção		Sem manutenção - Jacaré Martelamento	
1º ano	46%	1º ano	46%
2º ano	4%	2º ano	-
3º ano	21%	3º ano	-
4º ano	4%	4º ano	46%
5º ano	21%	5º ano	-
6º ano	4%	6º ano	-

Fonte: MRS 2018 [5].

No Cenário Usual, ilustrado pelos dados da Tabela 4, os valores de manutenção envolvem os serviços de esmerilhamento e a diária dos Bandeiras, porém, no quarto ano, seria realizado um serviço completo, envolvendo socaria, nivelamento e consolidação de fixações. Para o cenário sem manutenção, seria necessária uma substituição de jacaré no quarto ano, pois o componente estaria no limite de sua vida útil. Ou seja, estima-se um ganho de R\$8.457,17 para cada jacaré.

Finalmente, no cenário “Precavido” será dividido em dois, para que se avalie a mesma condição, porém em componentes diferentes. O primeiro seria em ‘jacarés’ simples e o segundo em AMV’s Mistos, nos quais têm-se 2 ‘jacarés’ simples e 1 duplo, totalizando 3 ‘jacarés’ por conjunto. Ambos os cenários estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 4.** Cenário Usual - Custos reais para a manutenção x substituição dos jacarés

Manutenção		Sem manutenção	
1º ano	56%	1º ano	48%
2º ano	4%	2º ano	-
3º ano	4%	3º ano	2%
4º ano	26%	4º ano	48%
5º ano	4%	5º ano	-
6º ano	4%	6º ano	2%

Fonte: MRS 2018 [5].

No cenário com 'jacarés' simples, há uma intercalação de serviços de manutenção. Em um ano seria realizado somente o esmerilhamento e no ano seguinte, um serviço completo de socaria, nivelamento e consolidação de fixação. Para esse cenário haveria uma perda financeira, porém associada a um ganho em confiabilidade e segurança, tendo em vista que haveria maior manutenção na Via Permanente. Por outro lado, os mesmos serviços dentro do mesmo intervalo de tempo, para a condição de AMV's Mistos são benéficos financeiramente, pois envolverem 3 'jacarés' por conjunto.

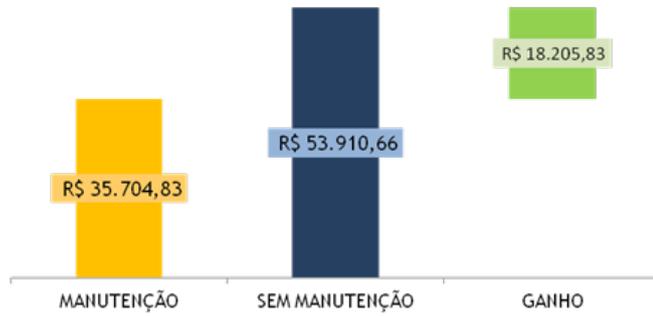
**Tabela 5.** Cenário "Precavido" - Custos reais para a manutenção x substituição dos jacarés

Manutenção		Sem manutenção - Jacaré Simples		Manutenção		Sem manutenção - Jacaré Simples	
1º ano	46%	1º ano	50%	1º ano	64%	1º ano	50%
2º ano	4%	2º ano		2º ano	2%	2º ano	
3º ano	21%	3º ano		3º ano	14%	3º ano	
4º ano	4%	4º ano	50%	4º ano	2%	4º ano	50%
5º ano	21%	5º ano		5º ano	14%	5º ano	
6º ano	4%	6º ano		6º ano	2%	6º ano	
100%		100%		100%		100%	

Fonte: MRS 2018 [5].

A Figura 2 ilustra uma comparação dos possíveis resultados financeiros entre os três cenários avaliados neste trabalho. Apesar de o foco do trabalho estar voltado para a manutenção em jacarés, o serviço de manutenção proposto envolve esmerilhamento em agulha e contratrilhos, pois fazem parte do Aparelho de Mudança de Via. Portanto, estima-se que esses valores poderiam ser menores ou até mesmo inexistentes com a manutenção adequada.

**Cenário x Ganho**



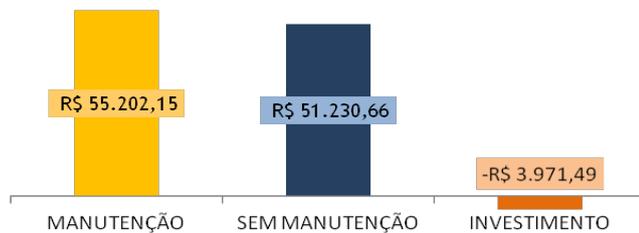
(a) Cenário Otimista

**Cenário x Ganho**



(b) Cenário Usual

**Cenários x Investimentos**



(c) Cenário Precavido ('jacaré' simples)

**Cenários x Investimentos**



(d) Cenário Precavido ('jacaré' duplo)

**Figura 2.** Comparação dos cenários estudados com seu respectivo ganho.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Cenário Proposto

A proposta se baseia em 2 equipes itinerantes. A primeira atenderia a Baixada Santista e Planalto (Piaçaguera e Paranapiacaba) e a segunda atenderia o Vale do Paraíba (Jundiaí, Pinherinho, Taubaté e Agulhas Negras). Para isso, o valor gasto por mês por equipe é descrito na Tabela 6.

#### 3.2 Possíveis Ganhos

Comparando com o histórico de manutenção da MRS em 2016 [4, 5 e 6], ano no qual houve maior demanda de substituição de 'jacarés', o cenário proposto levaria a uma manutenção nos 757 'jacarés' nas vias localizadas no estado de São Paulo e ainda haveria um ganho financeiro em comparação com a manutenção corretiva.

Portanto, o cenário proposto com manutenção por esmerilhamento levaria a inúmeros ganhos, tais como:

- Maior segurança;
- Maior confiabilidade da Via Permanente;
- Menor custo financeiro
- Disponibilidade da Via

**Tabela 6.** Orçamento de uma equipe itinerante

DESCRIÇÃO	EQUIPE PROPOSTA
Caminhão	27%
Van - 15 lugares	24%
Encarregado	17%
Técnico de Segurança	16%
Alojamento	9%
Ajudante Geral	7%
	100%

Fonte: MRS 2018 [5].

Conforme foi analisado nos itens anteriores, os ganhos pela manutenção nos componentes do AMV são incomensuráveis [7 e 8], pois irão garantir maior segurança ferroviária atrelada ao menor custo de manutenção. Porém, além desses fatores, deve-se considerar também a disponibilidade da Via, pois para o cenário de uma troca de jacaré, a linha seria interditada, por meio de intervalos concedidos pelo CCO

(Centro de Controle Operacional), para que se fosse feito a manutenção corretiva necessária.

Entretanto, para o cenário de manutenção preventiva proposto com o esmerilhamento, a via estaria livre para circulação das composições, trabalhando no regime de sinalização e bandeiras a 1200 m da atividade. Ou seja, a demanda da cadeia logística não seria afetada, trazendo ainda mais ganhos para a proposta do presente estudo.

#### 4 CONCLUSÃO

O cálculo para todos os tipos de cenários considerados para a manutenção preventiva indica os efeitos positivos gerados, sendo eles em segurança, ganho financeiro, confiabilidade e disponibilidade da via.

Em suma, os resultados do estudo apresentado são simples e aplicáveis para todos os cenários e tipos de componentes do AMV, além de otimizar a manutenção e reduzir os custos. O esmerilhamento é uma das medidas de manutenção encontradas para aumentar a vida útil do componente e contribuindo para minimizar os custos, atrelado a maior confiabilidade e segurança para a ferrovia.

#### REFERÊNCIAS

- 1 COIMBRA, Marcelo do Vale. A Manutenção na Via Permanente Ferroviária, 2008. 168 f. (Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, [S.l.], 2008.
- 2 ABNT NBR15810. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Aparelho de mudança de via - Cotas de salvaguarda - Procedimento de cálculo. Rio de Janeiro, 2014. [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br).
- 3 MACAROVSKA, Marcos. Manual de Manutenção de Jacarés com núcleo aço manganês fabricados conforme norma A.R.E.M.A. Barueri, 2006. Hewitt Equipamentos.
- 4 MRS (MALHA REGIONAL SUL), RELATÓRIO Anual dos Investidores: 2017. Disponível em: <[http://ri.mrs.com.br/default\\_pt.asp?idioma=0&conta=28](http://ri.mrs.com.br/default_pt.asp?idioma=0&conta=28)>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- 5 \_\_\_\_\_ . Relatório interno de custos– Via Permanente de São Paulo, 2018.
- 6 \_\_\_\_\_ . Relatório interno de acidentes– Via Permanente de São Paulo, 2018..
- 7 SCHRAMM, Gerhard. Técnica e Economia na Via Permanente. s.e, Rio de Janeiro, 1977.
- 8 SCHOECH, Dr Wolfgang; SCHILDER, Dr Rudolf. The Economy of Grinding Rails in Switches and Crossings. [S.l.: s.n.], 2016. 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 p. Disponível em: <[http://www.marinho.pages.qpg.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/Wolfgang\\_Schoech-CORE2016.pdf](http://www.marinho.pages.qpg.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/Wolfgang_Schoech-CORE2016.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2018.