



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3: TECNOLOGIAS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

RESISTENCIA LATERAL DA VIA ATRAVÉS DO MÉTODO SINGLE TIE PUSH TEST –
IMPORTANCIA, DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO E RESULTADOS DE
MEDIÇÕES



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3: TECNOLOGIAS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

RESISTENCIA LATERAL DA VIA ATRAVÉS DO MÉTODO SINGLE TIE PUSH TEST – IMPORTANCIA, DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO E RESULTADOS DE MEDIÇÕES

Bárbara Chaves Barboza da Silva
Pós-Graduada em Engenharia Ferroviária pela PUC-MG; Engenheira Civil, pela
Universidade Federal do ES (UFES); iniciou como trainee ferroviária na VLI em
janeiro de 2012 e atualmente trabalha na engenharia de via permanente na VLI
(Valor da Logística Integrada) – Engenheira; CREA: ES-027474/D.

Patrick Douglas Freitas Macedo
Engenheiro de Materiais, pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), atua como
engenheiro na engenharia de via permanente na VLI (Valor da Logística Integrada);
Engenheiro; CREA: MG- 186625/LP.



AEAMESP



1. INTRODUÇÃO

Para obter uma boa compreensão do ambiente de transporte ferroviário, é necessário compreender os esforços que a ferrovia está sujeita. Isto não inclui apenas os esforços do veículo na via (vertical, lateral e longitudinal), mas também qualquer interferência externa. Um exemplo de interferência externa são as mudanças de temperatura que geram esforços longitudinais e laterais transmitidos ao trilho. Uma maneira de avaliar se a linha ferroviária esta apta a receber os esforços nela imposta é conhecer a resistência da via.

A resistência da via é um dos parâmetros mais importantes que influenciam no desempenho e segurança da via, a estabilidade da via que irá assegurar a geometria da via e a prevenção de formação de flambagem.

2. OBJETIVO

Melhorias de resultados de confiabilidade no que se trata de esforços laterais de via, relatar sobre a experiência da VLI no desenvolvimento do equipamento de medição da resistência lateral da via e apresentar resultado de medição.

3. DESENVOLVIMENTO

O documento apresenta uma revisão dos fundamentos da resistência lateral da via, métodos de medição da resistência, o efeito da intervenção da manutenção na estabilidade da via, referência quanto aos valores da resistência da via, técnicas para aumentar a estabilidade da via, relata o desenvolvimento do equipamento STPT e mostra alguns resultados de testes realizados.

3.1. Fundamentos da Resistência Lateral da Via

Resistência lateral da via é um parâmetro de interação entre os materiais da superestrutura (tipo, seção e condição do lastro, do dormente, das fixações e dos trilhos) e a circulação dos trens, sendo assim, possui muitos parâmetros variáveis para assegurar a estabilidade da via. A partir da soma da resistência lateral da grade é conhecida a influencia do lastro, dos trilhos e das fixações, de acordo com resultados de testes realizados pela Iran University [4], a influência de cada componente é de 65%, 35% e 10%, respectivamente. Sendo assim, pode-se dizer que a resistência lateral do lastro é o grande responsável pela estabilidade da via. A Resistência lateral do lastro é a reação oferecida pelo lastro contra o movimento lateral da via e pode ser visualizada como uma curva representada pelas características e interações do dormente-lastro na via. De acordo com Kish [1], os 30 anos de pesquisas e ensaios confirmam, que é uma resposta não linear da carga versus deslocamento, tal como ilustrado na figura abaixo.

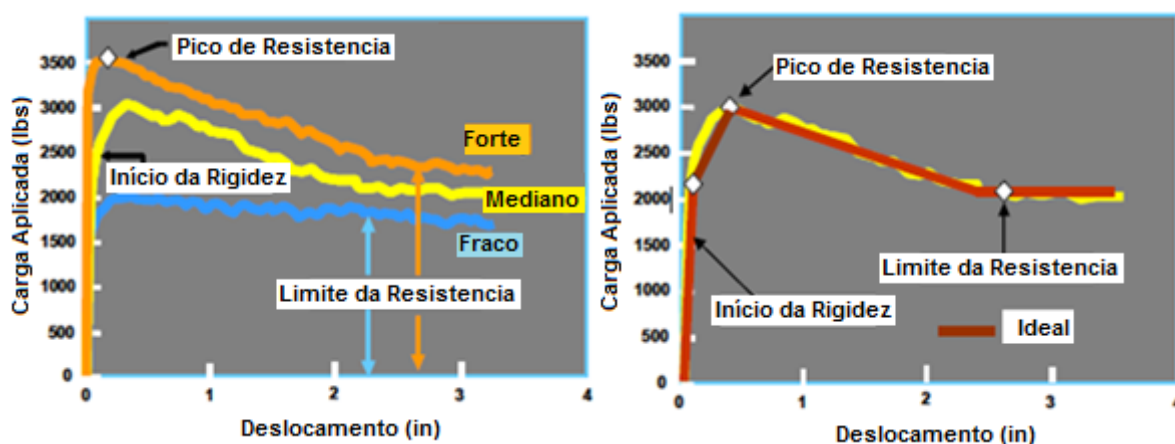


Figura 1 - Representações típicas comportamentais da via

FONTE: KISH, On the Fundamentals of Track Lateral Resistance [1]

Os resultados normalmente mostram uma curva com uma rigidez linear inicial, um valor de pico, e uma parcela de queda até um valor limite constante, esse comportamento é visto em



AEAMESP



ferrovias tanto com dormentes de concreto quanto com dormentes de madeira. Os fatores que influenciam na resistência lateral do lastro, que nada mais é do que a interação lastro-dormente, são:

- Tipo, peso e forma do dormente;
- Espaçamento entre os dormentes;
- Tipo e condição do lastro (contaminado, molhado, enrijecido, etc.);
- Largura dos ombros do lastro;
- Manutenção da via;
- Grau de adensamento do lastro e
- Cargas do trem.

Segundo Kish e Zarembski [1, 2], a resistência lateral do lastro da via consiste em três componentes básicos:

1. Resistencia Final ($F_f = F_{final}$) - Resistência gerada pelo atrito entre o final do dormente e o final do lastro, principalmente o ombro de lastro;
2. Resistencia Inferior ($F_i = F_{inferior}$) - Resistência gerada pelo atrito entre a base do dormente e o lastro sob o dormente;
3. Resistencia Lateral ($F_l = F_{lateral}$) - Resistência gerada pelo atrito entre a lateral do dormente e o lastro.

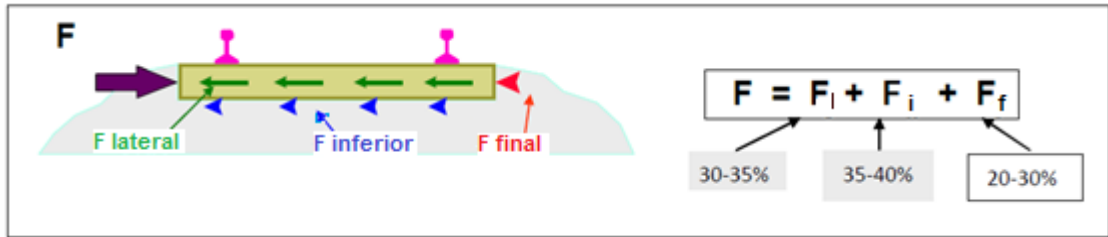


Figura 2 - Componentes que contribuem para a resistência lateral

FONTE: ZAREMSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]

O atrito inferior é influenciado pelo tipo de dormente e o seu peso, o atrito lateral pelo espaçamento entre os dormentes, e o final pela geometria do ombro de lastro. A consolidação e compactação do lastro influenciarão todos os três componentes. Como observado na Figura 2, o atrito inferior representa o maior componente da resistência lateral, da ordem de 35 a 40%, seguido pelo atrito lateral na ordem de 30 a 35%, e o atrito final que é da ordem de 20 a 30%.

No entanto, essa relação pode mudar significativamente devido a resistência lateral dinâmica. De acordo com Kish [1], resistência lateral dinâmica refere-se ao aumento e a redução da resistência devido às cargas verticais dos trens, como ilustrado na figura a seguir.



Figura 3 - Ilustração Dinâmica Trem - Via

FONTE: ZAREMSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]



AEAMESP



A resistência lateral diminui devido à perda de contato entre o dormente e o lastro, neste caso, a importância do atrito lateral e final do dormente-lastro aumenta significativamente. Por isso a importância em manter adequados todos os três componentes da resistência do lastro.

Assim, garantir adequada geometria dos ombros do lastro proporcionará restrição lateral da grade e facilitará a manutenção de alinhamento da via. Isto é particularmente verdadeiro para trilhos contínuos soldados (TCS), onde inadequados ombros de lastro associado à baixa resistência lateral da via pode resultar na perda rápida de alinhamento ou até mesmo na flambagem da via. Segundo Zarembski [2], ombros de lastro inadequados podem resultar numa perda de resistência da via na ordem de 20 a 30%, e em alguns casos mais de 40% e lastros “mal cheios” podem reduzir a contenção longitudinal do dormente na ordem de 30% ou mais. A contenção longitudinal é de uma importância ainda maior em rampas, onde o lastro cheio (juntamente com ancoragem adequada) irá evitar o movimento dos dormentes durante a passagem dos trens. Além disso, o lastro que preenche o espaçamento entre dormentes por completo também proporciona uma maior resistência lateral para a via, na ordem de 30 a 35% da resistência lateral total.

3.2. Métodos de Medição de Resistência Lateral

Determinação da resistência lateral da via é um dos pontos chave para a segurança e estabilidade da ferrovia, é influenciada por diversos fatores e pode ser medida pelos seguintes métodos:

- Single tie push test (STPT)
- Discrete cut panel pull test



AEAMESP



- Continuous track panel pull test (TLPT)
- Continuous dynamic measurement (Plasser-DGS)
- Analytic empirical model

Estes métodos medem a força em relação ao dormente ou ao deslocamento da grade. A técnica mais vantajosa e frequentemente utilizada é o STPT que mobiliza um único dormente no lastro, permitindo registrar várias medições força x deslocamento que plotadas em um gráfico permite avaliar o comportamento não linear necessário para análise da estabilidade da via.

Para realizar o teste, as fixações do dormente devem ser removidas, em seguida um macaco hidráulico (que possibilite leitura das pressões exercidas) deve ser instalado na região das ombreiras, assim como um dispositivo de leitura para medir o deslocamento do dormente. Após as devidas instalações dos equipamentos na via, pode-se iniciar o teste. O dormente será empurrado contra o trilho com o auxílio do dispositivo hidráulico e será efetuado várias medições. A Figura a seguir mostra o dispositivo STPT desenvolvido pelo Volpe Center nos EUA.



Single Tie Push Test (STPT) Measurement

Figura 4 - Dispositivo STPT desenvolvido pela Volpe Center

FONTE: KISH, On the Fundamentals of Track Lateral Resistance [1]

O STPT é o mais fácil de executar e foi adotado como o "padrão" para a medição de resistência lateral nos EUA. A Figura a seguir ilustra o gráfico obtido a partir do STPT.

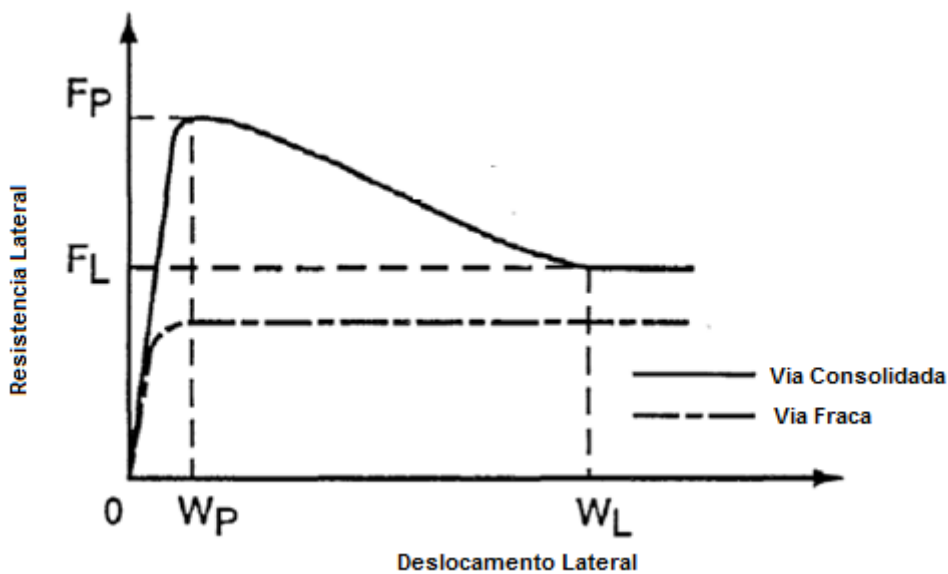


Figura 5 - Curva de carga-deformação do STPT

FONTE: ZAREMBSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]

Como pode ser visto, para uma grade bem consolidada, há um aumento linear da resistência até um valor máximo alcançado F_p . Isto é denominado o pico da resistência do dormente,

depois há uma queda no comportamento. Este valor F_p é geralmente definido como a resistência lateral do dormente. Para vias mais fracas, não existe um comportamento de queda, de modo que o valor F_p permanece constante ao longo da curva carga-deslocamento.

De acordo com Kish [1], o discrete cut panel pull test requer corte de trilho e é altamente destrutivo. Já o TLPT mede a carga versus deslocamento da grade, que inclui a rigidez à flexão do trilho, a força térmica, e a resistência não uniforme oferecida pelos dormentes. Assim, pelos dados do TLPT a resistência de um único dormente não é medida.

A técnica de medição contínua (continuous dynamic measurement), recentemente desenvolvido pela Plasser, é uma medida indireta relacionando a energia gerada pelo DTS (Dynamic Track Stabilizer) e o "coeficiente de atrito" para mover o lastro da grade da via [1].

O modelo empírico analítico é a resistência lateral estimada com base em equações empíricas desenvolvidas através de mais de 500 medições STPT em que os EUA avaliaram as influências da largura dos ombros, o espaçamento entre os dormentes, e os níveis de consolidação da resistência lateral para ambos os dormentes de madeira e de concreto [1].

3.3. O Efeito da Intervenção da Manutenção na Estabilidade da Via

As intervenções de manutenção reduzem a resistência lateral da via, a via não só pode perder o alinhamento e nivelamento, mas pode tornar-se propícia a formação de flambagem devido às forças térmicas elevadas.

Um exemplo do efeito da manutenção na estabilidade da via são os serviços de socaria na linha, também conhecido como correção geométrica. A correção geométrica é um método

de manutenção que tem um efeito adverso sobre a estabilidade lateral da via, pois distribui o lastro para debaixo do dormente e tira a linha do “calo”, reduzindo a resistência da via. A figura abaixo mostra o efeito da manutenção em relação aos tipos de dormente em formato gráfico.

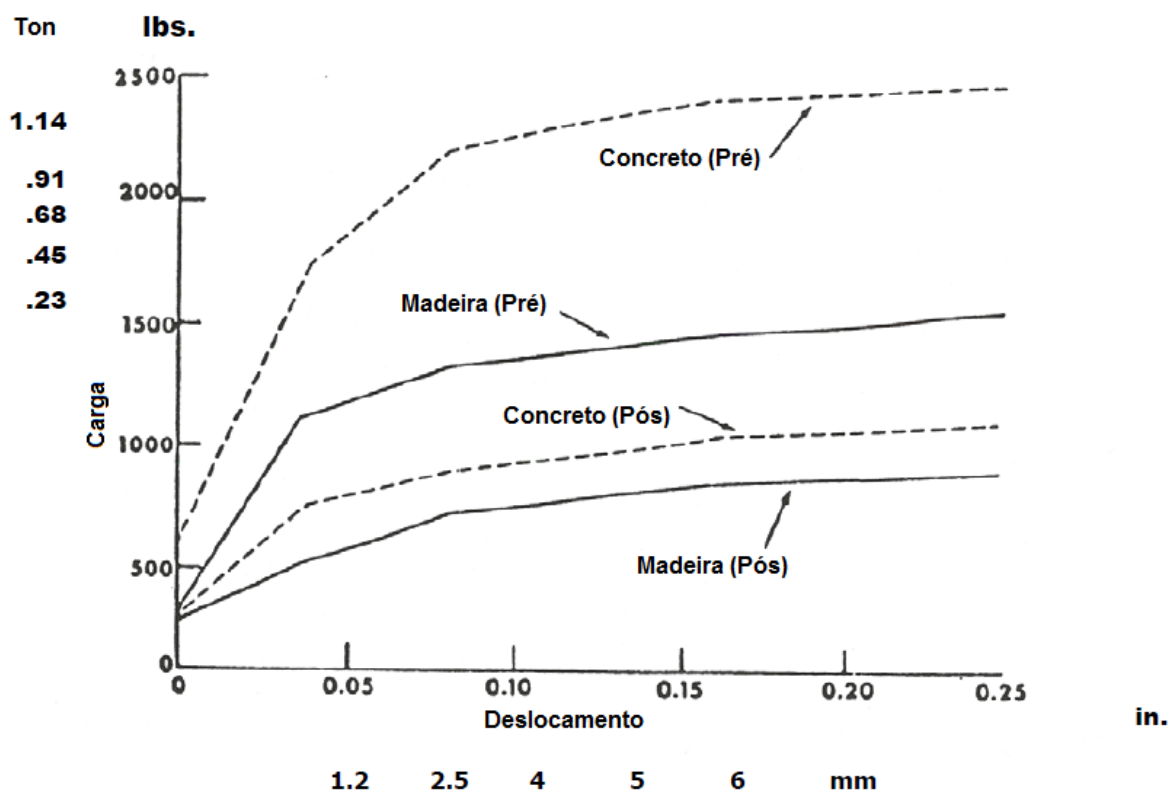


Figura 6 – Perda da Resistência Lateral em Função da Manutenção da Via

FONTE: ZAREMBSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]

Note que os dormentes de madeira pós-manutenção geram valores de resistência lateral da ordem de 700-800 libras/dormente, em comparação com os dormentes de concreto, que geram resistência lateral da ordem de 800-1000 lb/dormente. Para vias consolidadas, em condições comparáveis, os dormentes de madeira geram valores de resistência lateral da ordem de 1300-1400 lbs/dormente em comparação com dormentes de concreto que geram resistência lateral da ordem de 2200-2300 lb/dormente [2].

Os métodos atuais para restaurar a força do lastro após manutenção da via são através da estabilização dinâmica da via (DTS - dynamic track stabilization), ou através do volume trafegado (DTS tonnage equivalent) [1].

Na figura abaixo segue resultados de testes realizados pela Plasser and Theurer, como pode ser visto, a resistência lateral da via foi aumentando através da utilização do estabilizador dinâmico após a socaria.

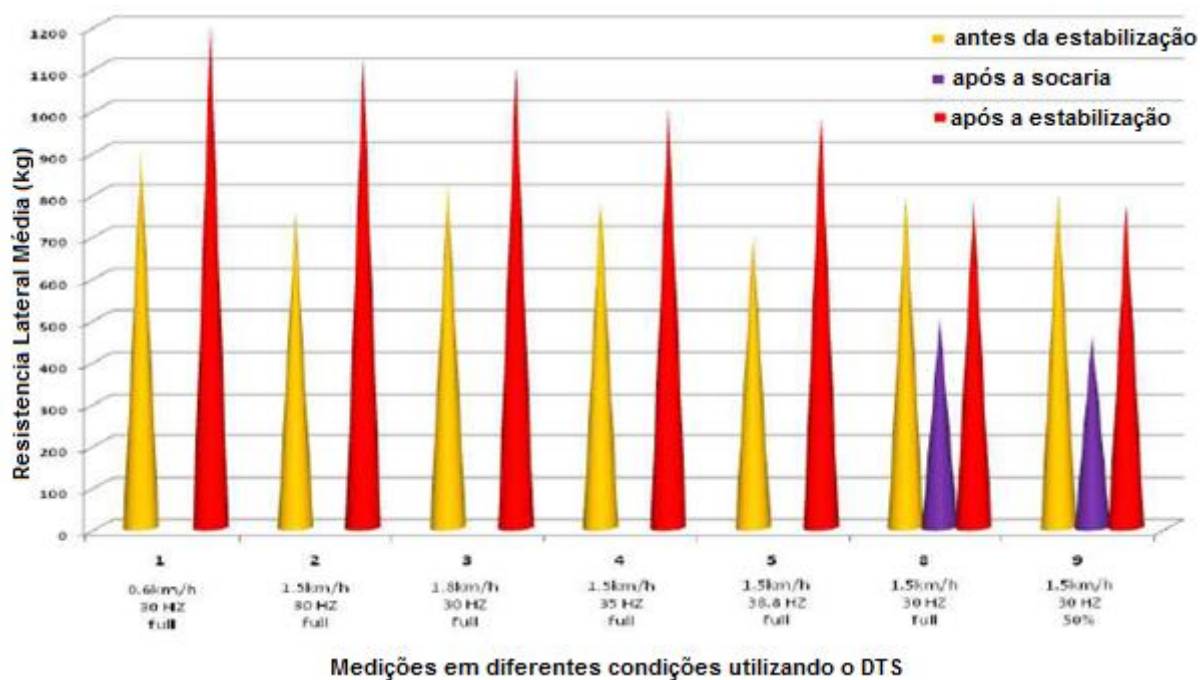


Figura 7 - Resistência Lateral da Via: Resultados medidos pelo DTS

FONTE: ZAKERI, Lateral Resistance of Railway Track [4]

Um estudo similar foi realizado por Jabbar Ali Zakeri [4], da Iran University, onde realizou testes usando o Single Tie Push Test (STPT) para medir a variação da resistência lateral durante uma operação comum de socaria. A resistência lateral foi medida em diferentes situações, foram elas:

1. Antes da socaria;

2. Depois da socaria e antes da estabilização da via e
3. Após a estabilização.

Um exemplo do dispositivo utilizados nos testes é mostrado na figura a seguir:



Figura 8 - Dispositivo STPT utilizado pela Iran University

FONTE: ZAKERI, Lateral Resistance of Railway Track [4]

As medições do STPT de pré-socaria foram feitas para caracterizar a condição da via, em condição operacional. As características comuns dos testes de pré-socaria são uma inclinação íngreme inicial, período de pico e uma queda até um valor constante. A seguir, resultado do STPT pré-socaria.

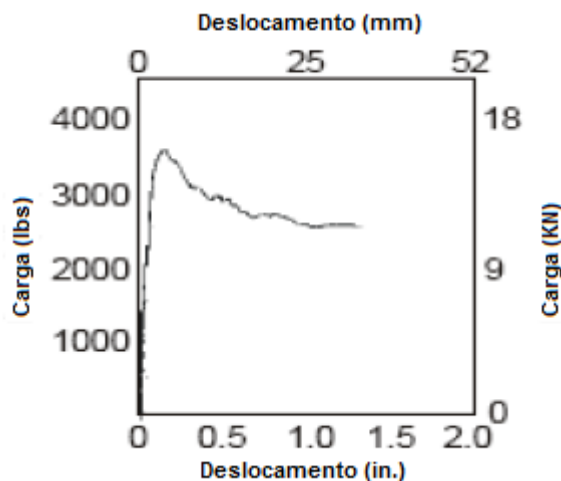


Figura 9 - Resultados STPT pré-socaria

FONTE: ZAKERI, Lateral Resistance of Railway Track [4]

O próximo gráfico descreve as medições do STPT depois da socaria e antes da estabilização. Resultados apresentados nestas medições foi um aumento gradual para um valor de pico constante. Neste caso, a resistência lateral das condições antes de socaria foi reduzida em 43%. Daí pode-se notar a grande interferência da socaria na estabilidade da via.

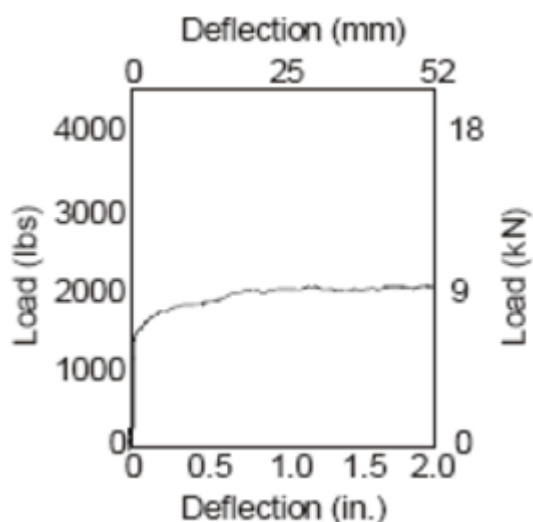


Figura 10 - Resultados STPT pós-socaria e pré-estabilização

FONTE: ZAKERI, Lateral Resistance of Railway Track [4]

O próximo gráfico descreve as medições do STPT que foram realizados após a estabilização da via e antes de submeter a linha para o tráfego normal. As características comuns do STPT pós-estabilização produz um valor de pico inicial semelhante à tendência dos testes de pré-socaria, mas o valor de pico é significativamente menor e bem menos definido. Mesmo com um aumento inicial pouco perceptível, a observância de um pico na curva carga-deslocamento é consistente com o comportamento relacionado ao lastro mais denso, mais forte e mais rígido. Isso representa um aumento médio de resistência lateral de aproximadamente 31% em relação a condição pós-socaria.

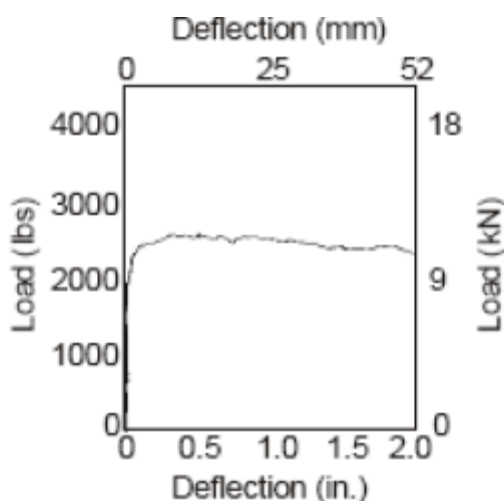


Figura 11 - Resultados STPT pós-estabilização

FONTE: ZAKERI, Lateral Resistance of Railway Track [4]

Estudos, como os da Plasser and Theurer e da Iran University, mostram que os benefícios do DTS são relativamente confiáveis e consistentes.

As ferrovias americanas, e a Association of American Railroads têm realizado inúmeros testes STPT ao longo de 30 anos para avaliar o comportamento da resistência lateral. A

seguir, monitoramento para avaliar as influências do volume trafegado (DTS tonnage equivalente) na restauração da resistência lateral da via após serviços de manutenção.

Tabela 1 - Resultado de Testes STPT Realizados por Ferrovias Americanas

1. Chessie e Amtrak Testes - Dormentes de Concreto (1985, Sluz)
 - a. Chessie: recuperação de 9% após 0,076 MGT
 - b. Amtrak: recuperação de 11% após 0,073 MGT
2. AAR / TTC Testes - Dormente de madeira (1990, Trevizo)
 - a. Tangente: recuperação de 17% após 0,1 MGT; 32% após 1 MGT
 - b. Curva: recuperação de 9% após 0,1 MGT; 21% após 1 MGT
3. Volpe / FRA Testes - Dormentes de Madeira e Concreto (1987-1990, Kish)
 - a. Madeira - tangente: recuperação de 26% após 0,1 MGT
 - b. Concreto - Curva: redução de 52% após socaria
 - c. Concreto - Curva: recuperação de 22% após 0,1 MGT
4. Volpe / Union Pacific Testes - Dormentes de Concreto (2000, Sluz)
 - a. Concreto: recuperação de 17% após 0,35 MGT
 - b. DTS aumentou em 33%
5. Volpe / Amtrak / FRA Testes - Dormentes de Concreto (2001, Kish)
 - a. Redução de 43% devido correção geométrica com levante de 1/2 inch
 - b. Recuperação de 31% com o DTS
6. UP / Foster-Miller Testes - Madeira e Concreto (2001, Samavedam)
 - a. Redução de 39 a 70% devido a socaria
 - b. 0,1 MGT foi insignificante na madeira após socaria; recuperação de 28% após 0,2 MGT
 - c. Recuperação de 22% após DTS no dormente de concreto

FONTE: KISH, On the Fundamentals of Track Lateral Resistance [1]

No entanto, esta equivalência não foi conclusiva pelas ferrovias americanas. Ainda existem vários problemas de consolidação e questões não resolvidas até o momento sobre o volume trafegado (DTS tonnage equivalente). Como as seguintes questões:

1. Existe influência da velocidade do trem na consolidação do lastro;
2. Existe influência na carga por eixo;
3. Existe influência em curvas;
4. Existe influência do material da via, exemplo: tipo de lastro, tipo de dormente, etc;
5. Existe alguma condição inicial que influencie no resultado.

Sendo assim, uma quantificação confiável da eficácia do volume trafegado para estabilização da via após serviços de manutenção, ainda está faltando.

3.4. Referências Quanto a Resistencia Lateral da Via

Testes nos EUA e em outros países têm proporcionado as seguintes faixas de valores de resistência lateral relacionado ao STPT, todos os valores estão em libra força.

Tabela 2 - Valores de Referência para o STPT

Resistencia Lateral de Dormentes de Madeira e Concreto (STPT)

	Dormente de Madeira	Dormente de Concreto
Forte	> 2500	> 3000
Mediano	2000-2500	2500- 3000
Marginal	1500-2000	2000-2500
Fraco	<1500	<2000

FONTE: ZAREMSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]

Tabela 3 – Valores de Referência para o STPT em KN

Resistencia Lateral [KN]	Dormentes	
	Madeira	Concreto
Forte	> 11	> 13,3
Mediano	8,9- 11	11 - 13,3
Marginal	6,7- 8,9	8,9 - 11
Fraco	<6,7	< 8,9

Vias com grande resistência lateral referem-se a vias bem consolidadas, com os ombros bem dimensionados e lastro adequado. Vias fracas geralmente estão mal consolidadas (ou recentemente mexidas) e muitas vezes com inadequados ombros de lastro.



AEAMESP



3.5. Técnicas para aumento da Resistência Lateral

Segundo Zarembski, em *Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track* [2], existem vários meios que podem proporcionar um benefício significativo no aumento da resistência lateral da via, são eles:

- Aumento da largura do ombro de lastro
- Compactação / consolidação do lastro

Essas duas técnicas são as técnicas mais comumente empregadas tanto nos EUA quanto em outros países, e são eficazes. Como elas se concentram no lastro ao invés dos dormentes, são igualmente aplicáveis para aumentar a resistência da via com dormentes de madeira como em vias com outros tipos de dormentes. De acordo com Zarembski [2], praticamente todas as principais ferrovias americanas com trilhos contínuos soldados (TCS) aumentam a largura dos ombros do lastro nas curvas e em locais críticos para flambagem, para aumentar a resistência lateral da via. Utilizam também a estabilização do lastro para aumentar a resistência lateral do lastro após operações de manutenção, tais como socaria, troca de dormente, etc. Na Europa, a utilização de muros de contenção, para aumentar a altura do ombro do lastro acima do topo do dormente é utilizada e mostrou-se ser eficaz.

- Aumento da Altura, largura, comprimento e/ou peso do dormente

O aumento das dimensões do dormente pode ser de interesse potencial, mas tem um impacto de custo em proporção direta com o aumento percentual na quantidade de material do dormente.



AEAMESP



- Diminuição do espaçamento entre os dormentes

Diminuir o espaçamento padrão dos dormentes também representa um bom custo-benefício, no entanto, a redução pode ser limitada pelos requisitos de manutenção da via, devido necessidade de espaçamento mínimo suficiente para permitir a socaria, remoção dos dormentes, etc.

- Instalação de pás de ancoragem nas curvas

Uso de pá de ancoragem nos dormentes de madeira também tem sido amplamente utilizado para melhorar a resistência lateral. Ensaio europeus sobre resistência lateral da via com dormentes equipados com pá de ancoragem apresentam um aumento significativo na resistência lateral da ordem de 50% para o lastro não compactado ou recentemente perturbado. Isto corresponde a um aumento de 600 kg por dormente sem ancoragem para cerca de 900 kg, com pás de ancoragem.

- Aumento do atrito no fundo dos dormentes (ranhuras)

Os benefícios de aumentar o atrito no fundo e/ou nas laterais dos dormentes tem sido de fato uma questão abordada em vários projetos de dormente de concreto. Geralmente, esta técnica não tem sido utilizada em dormentes de madeira, no entanto, estudos na Europa com o uso de nervuras ou entalhes nos dormentes de madeira resultam em melhores resultados quanto à resistência lateral. Embora a abordagem de ranhuras em dormente de madeira não tenha sido usada nos EUA, tem sido utilizada de forma eficaz em dormentes de plástico.

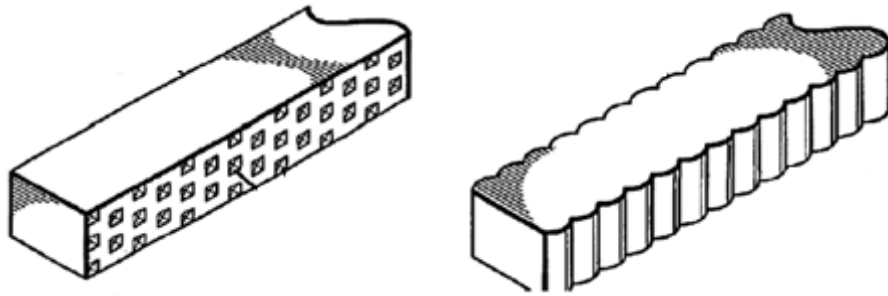


Figura 12 - Dormentes com ranhuras

FONTE: ZAREMSKI, Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track [2]

4. DESENVOLVIMENTO EQUIPAMENTO STPT DA VLI E RESULTADOS DE TESTES

Com o intuito de atender as necessidades do teste, a engenharia de via da VLI orientou à empresa Procontrol toda a etapa do teste, relatou os pontos de atenção, solicitou equipamento que realizasse os testes sem a necessidade de retirar os tirefonds dos dormentes e que fosse possível realizar os testes em diferentes tipos de dormentes, dessa forma foi desenvolvido o equipamento ao longo do ano de 2014. O equipamento foi desenvolvido para dormentes com fixações deenick, assim é possível atender dormentes de madeira, aço e plástico os quais contemplam fixação deenick.

Em novembro de 2014, a VLI recebeu uma unidade capaz de avaliar a resistência lateral da via, o equipamento é composto pelos seguintes itens:



Figura 13 - Maleta de Teste



Figura 14 - Unidade Hidráulica



Figura 15 - Gerador



Figura 16 - Sensor de Distância



Figura 17 - Peça Mecânica



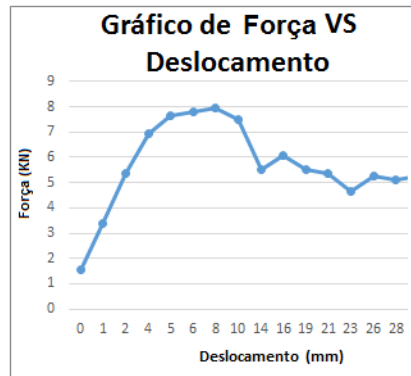
Figura 18 – Equipamento para Realização do Single Tie Push Test

A seguir, resultado de teste realizado na VLI.

Dados do Teste 1:	
Corredor:	CS
Par de Estação:	ZYE YXJ
Equipamento:	CVA0017
KM:	91300
Ombro do Lastro:	15 cm
Altura do Lastro:	62 cm
Perfil do Trilho:	TR 50
Tipo de Dormente:	Aço
Tipo de Fixação:	DENICK



Figura 19 – Ilustração do Local de teste



De acordo com o resultado de teste do STPT, a resistência lateral da via deu próximo de 8 KN, apesar de não termos referência de resistência lateral para vias com dormentes de aço, é possível afirmar, comparando o resultado com as referências apresentadas na Tabela 3, que a resistência lateral da via está próximo dos valores relacionados à vias fracas. Podemos atribuir este resultado a seção de lastro, pois a curva possui ombro de lastro de apenas 15 cm, conforme os dados do teste e o ombro de lastro não preenche o dormente até a superfície do mesmo, conforme Figura 19.

Durante o mês de agosto será realizado outros testes para comparar a interferência da socaria de via na resistência lateral de uma via com boa geometria de lastro.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a resistência lateral da via é um parâmetro fundamental para assegurar a estabilidade da via e que o método mais utilizado para medi-la é o Single Tie Push Test.

Foi possível verificar que as intervenções de manutenção diminuem a resistência lateral da via e que o processo de estabilização da linha, após a intervenção de manutenção aumenta em aproximadamente 31% do valor da queda da resistência lateral.



Ao longo do documento foram mostradas as técnicas utilizadas por diversas ferrovias para aumentar a resistência lateral da via, foi realizado o STPT em um dormente de aço do corredor centro sudeste o qual resultou em uma resistência lateral baixa e tal resultado foi atribuído a seção de lastro, mostrando a importância de uma boa seção de lastro na via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KISH, Andrew. **On the Fundamentals of Track Lateral Resistance**. AREMA: 2011.

- [2] ZAREMBSKI, Allan M. **Increasing the Lateral Resistance of Wood Tie Track**. University of Delaware.

- [3] ZAREMBSKI, Allan M. **The Art and Science of Rail Grinding**. Simmons Boardman Pub Co: 2005.

- [4] ZAKERI, Jabbar Ali. **Lateral Resistance of Railway Track**. Iran University of Science and Technology.

- [5] PERPINYA, Xavier. **Reliability and Safety in Railway**. Published by InTech.

- [6] KISH, SAMAVEDAM e WORMLEY, Andrew, Gopal e David. **New Track Shift Safety Limits**.