

CATEGORIA (3)

ANÁLISE DE FALHAS EM DORMENTES DE AÇO NA ESTRADA DE FERRO

VITÓRIA A MINAS

AUTOR

Renato Lataliza Vasconcelos

INTRODUÇÃO

A Estrada de Ferro Vitória a Minas é uma ferrovia para o transporte de carga localizada na região sudeste do Brasil. Ela conecta o quadrilátero ferrífero, na região central do estado de Minas Gerais, ao porto de Tubarão em Vitória – ES. Devido ao transporte de grandes volumes de minério de ferro ela é considerada uma ferrovia “Heavy Haul”. Possui linha dupla, velocidade máxima de 65 km/h e bitola métrica. A sua superestrutura tem a peculiaridade de utilizar o dormente de aço como elemento predominante. Este material começou a ser aplicado em 1985 de forma pontual. A partir de 2005 passou a ser a base da matriz de dormentes desta ferrovia. Com a ação do tempo e do tráfego estes dormentes sofreram degradação e começaram a apresentar falhas que impactaram de forma significativa a manutenção do trecho estudado.

Neste processo foram realizadas análises físicas, químicas, medições de tensão mecânica através de instrumentação em campo, cálculos estruturais e diversas análises estatísticas para se obter os para o entendimento do fenômeno.

Após estes estudos, foi identificado que a principal causa das falhas foi a corrosão do aço e que ela está intimamente ligada as condições do lastro e da infraestrutura da ferrovia. Também foi possível, a partir destes estudos deduzir o mecanismo de ação do processo corrosivo e ações para a melhoria deste importante componente para a superestrutura ferroviária.

Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de demonstrar os estudos realizados para a determinação da causa raiz das falhas ocorridas em dormentes de aço. A partir dos principais modos de falhas observados, fraturas transversais nos dormentes e desgaste, foi desenvolvido um amplo trabalho de engenharia para determinar as causas deste fenômeno.

DIAGNÓSTICO

Os dormentes de aço na Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) são fabricados com aço SAE 1522 e moldados conforme a norma europeia UIC 865. Esta norma estabelece os critérios dimensionais deste tipo de dormente, entre eles está o perfil longitudinal que está demonstrado na Figura 1.

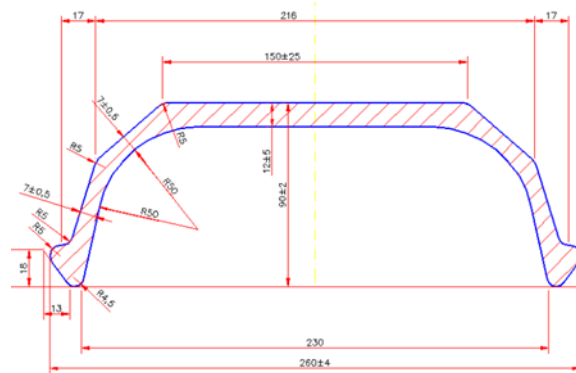


Figura 1 – Perfil longitudinal do dormente de aço utilizado na EFVM conforme a norma UIC 865. (Vale SA, 2013).

Inicialmente, era previsto uma vida esperada de 40 anos para este material nas condições de via da EFVM. Porém, a partir de 2007, começou a ser observado um número expressivo de falhas em dormentes de aço. Os modos de falha mais recorrentes eram trincas e furos nos dormentes que estão demonstrados nas figuras a seguir.



Figura 2 - Dormente trincado com corrosão. Ano de Fabricação 1987.



Figura 3 - Dormente de aço quebrado típico. Ano de Fabricação 2007.

Em 2016, após a realização das prospecções anuais de dormentes, foi constatado que na EFVM haviam cerca de 140 mil dormentes de aço inservíveis. Ao se apurar a causa do sucateamento destes dormentes foi constatado que se tratava de desgaste e fadiga indicando que os dormentes tinham chegado ao fim de sua vida útil.

Considerando que em 2016 haviam pelo menos 2 milhões de dormentes de aço assentados na via e que a vida média ponderada da quantidade de dormentes por ano de assentamento era de 16,82 anos este número remetia a um quantitativo de dormentes excessivo de sucateamento dada a vida esperada. Em função desta constatação foi iniciado o estudo que será apresentado a seguir.

O primeiro passo que foi observado foi o cálculo analítico das tensões conforme orientações da AREMA (AREMA, 2003). Os resultados deste estudo estão demonstrados na Figura 4.

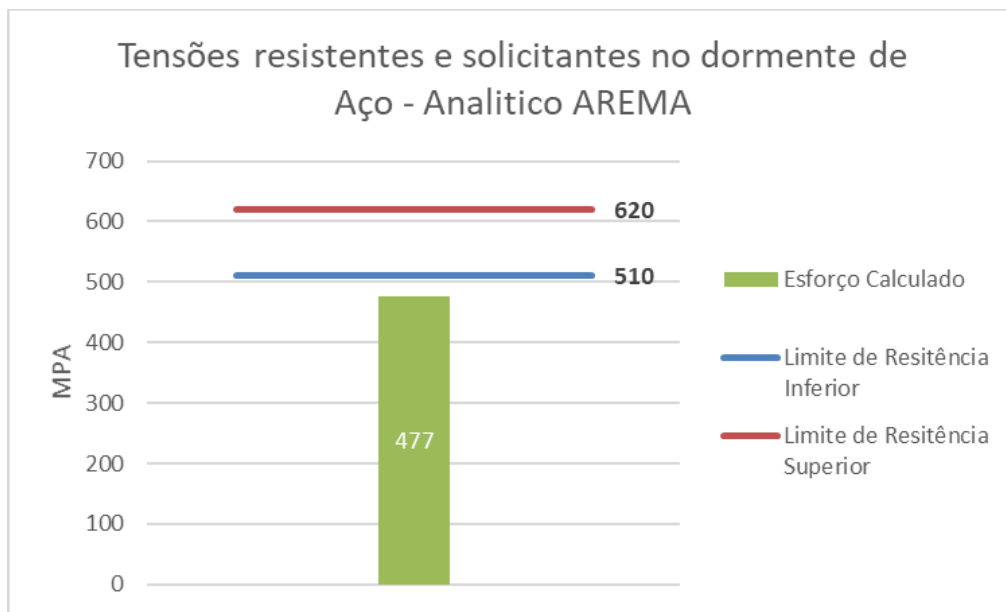


Figura 4 - Dormente de aço quebrado típico. Ano de Fabricação 2007.

O resultado obtido, como pode ser observado no gráfico, demonstra que a tensão solicitante está muito próxima do limite de resistência do material mínimo do material. Baseado nesta informação foi realizado um estudo baseado na perda de massa dos dormentes para avaliar a resistência deles ao longo do tempo. A figura a seguir demonstra um exemplo das medições realizadas onde foi comparada a seção de um dormente novo com a seção de um dormente retirado da via após 8 anos de serviço.

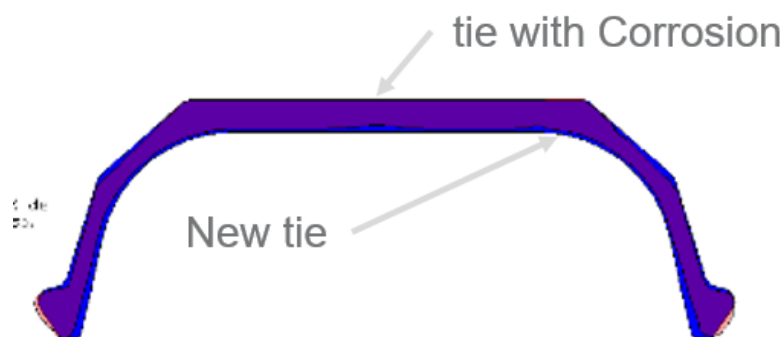


Figura 5 – Amostra de dormente estudada para obtenção das medidas de desgaste dos dormentes. Dormente com 8 anos de serviço.

Com base nestas medições foi constatado que os dormentes com 8 anos de serviço chegavam a 3 milímetros de perda de espessura do perfil. Com base nesta informação foi repetido o cálculo do desgaste simulando as perdas de espessura de 1 a 5 mm e os resultados obtidos estão demonstrado no gráfico a seguir.

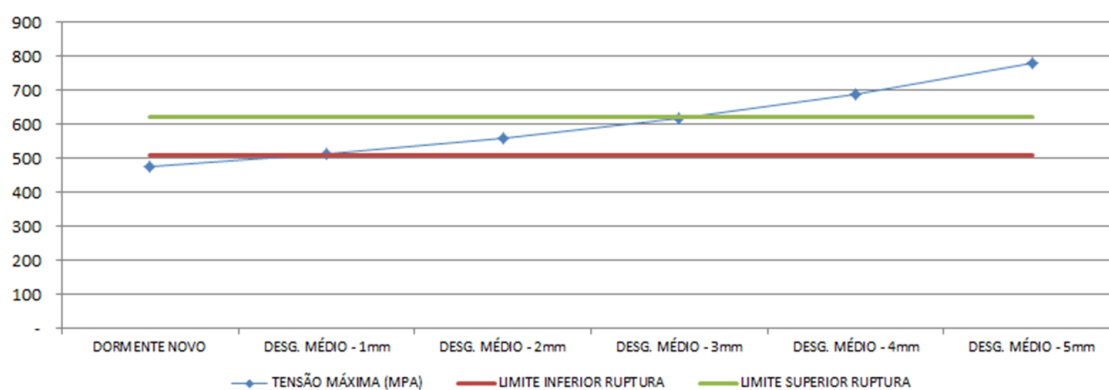


Figura 6 – Amostra de dormente estudada para obtenção das medidas de desgaste dos dormentes. Dormente com 8 anos de serviço.

Como pode ser observado, as tensões calculadas, considerando os 3 mm de desgaste, ultrapassaram o limite superior de resistência a ruptura do aço utilizado. Indicando que o desgaste do dormente é um fator importante na causa dos dormentes. Com isto, foi decidido a realização de ensaios em campo para se identificar as tensões reais ao qual os dormentes são submetidos e realizar as estimativas de vida útil.

Assim, foi realizada uma instrumentação de dormentes na via, conforme demonstra a Figura 7. Os resultados desta instrumentação demonstraram que as tensões solicitantes nos dormentes eram bem inferior a calculadas pelo método analítico, porém elas ainda estavam acima do patamar de vida infinita da curva S-N de fadiga do aço utilizado no dormente de aço. Com os resultados desta instrumentação foi calculada a vida útil esperada do dormente de aço para diversas situações na EFVM. Os valores variam conforme condição, indo de um mínimo de 4,5 anos em curvas até um máximo de 28,7 anos tangentes considerando as perdas por corrosão.



Figura 7 – Instrumentação de dormentes realizadas na EFVM pela empresa KOT em 2017. (Kotchergenken Engenharia Ltda, 2017)

Considerando os resultados obtidos até aqui, identificou-se que a corrosão era um fenômeno observado em todas as amostras estudadas. A partir desta observação foram realizados ensaios químicos e físicos nos materiais com o objetivo de se identificar as causas da corrosão. Estes ensaios foram realizados e demonstraram que o aço do dormente tem o processo corrosivo inicializado por corrosão galvânica e corrosão por pites.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando os resultados demonstrados, pode ser verificado que o dormente de aço empregado na EFVM está submetido a tensões solicitantes acima do patamar de vida infinita da curva S-N para o aço empregado em sua construção. Tanto as tensões solicitantes calculadas quanto as medidas em campo estão acima deste patamar de vida infinita que se encontra próximo a 50% da tensão resistente do material. As tensões solicitantes medidas em campo chegaram a cerca 65% do limite de tensão resistente. Conforme demonstra a figura a seguir.

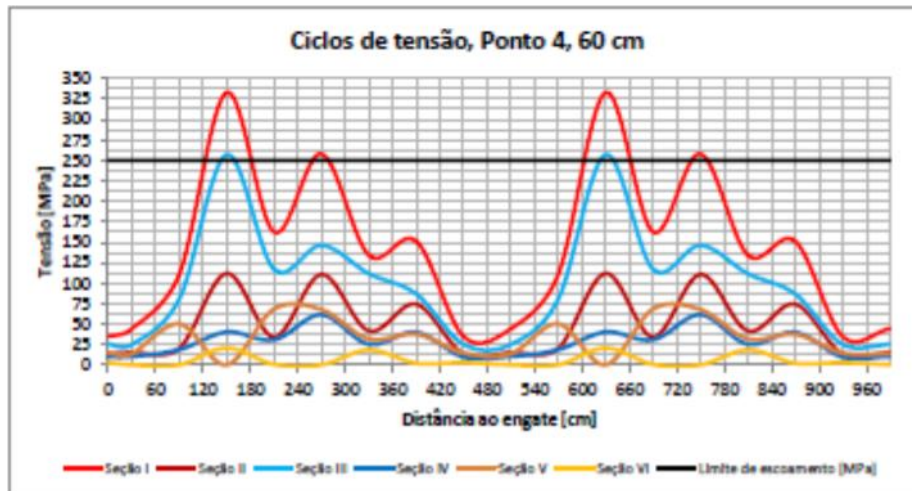


Figura 8 – Instrumentação de dormentes realizadas na EFVM pela empresa KOT em 2017. (Kotchergerko Engenharia Ltda, 2017)

Os ensaios químicos e físicos realizados em campo indicaram a recorrência de oxidação galvânica e oxidação por pites. Entende-se que a primeira pode ser o fato que inicia o processo. Uma vez que o dormente está embebido no lastro e sua forma é côncava são suscetíveis ao acúmulo de umidade. O contato com o lastro, que pode estar contaminado com solo, minério e outras substâncias, é um fator de agravamento da situação conforme pode ser demonstrado na figura a seguir.



Figura 9 – Imagem demonstrando situação típica do dormente de aço embebido no lastro contaminado por minério, solo e outras substâncias.

Desta forma pode ser constatado que o a parte inferior do dormente fica em contato com o lastro e todo material semelhante a solo, que carrega diversos sais que combinam com a umidade e formam uma película na parte inferior do dormente. Uma vez que a parte superior fica livre e tem maior contato com o oxigênio do que a inferior, estão formadas as condições necessárias para o início de um processo de corrosão galvânica, demonstrada na figura abaixo.

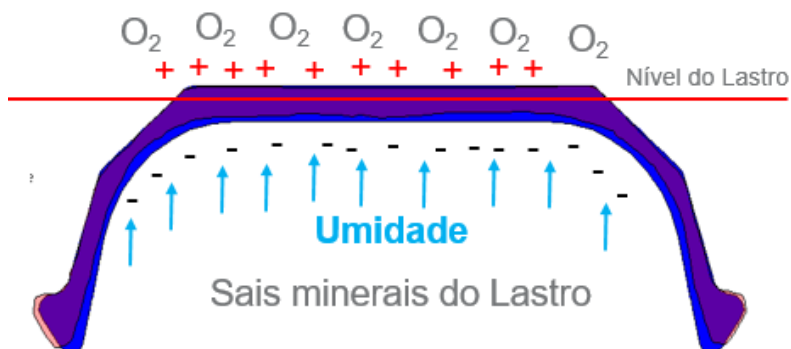


Figura 10 – Imagem demonstrando situação típica do dormente de aço embebido no lastro contaminado por minério, solo e outras substâncias.

CONCLUSÕES

Com base nos estudos efetuados e demonstrados anteriormente pode ser constatado que o dormente de aço está sendo submetido a tensões solicitantes acima do patamar de vida infinita da curva S-N de fadiga. Isto é um fator limitante da vida útil do dormente que por si só comprometeria a sua vida útil. Apesar disto, com as solicitações medidas e as estimativas realizadas, este dormente teria um desempenho satisfatório se não fosse as condições impostas pelo meio que aceleram o processo de degradação por corrosão e os levam a ruptura. O processo de corrosão é inerente do aço e é acelerado pelas condições do lastro da via, que possui, naturalmente, umidade e sais minerais que, em conjunto atacam o aço. Os dois fatos combinados, esforço e corrosão, tem como efeito a ruptura do dormente, levando-o a ruína.

Desta forma recomenda-se para futuros desenvolvimento estudos de para o redimensionamento dos dormentes e proteção contra corrosão dos dormentes de aço

para EFVM juntamente com uma análise crítica da matriz de dormentes utilizada, levando-se em conta aspectos técnicos e econômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREMA. (2003). Practical Guide to Railway Engineering. Lanham: AREMA.

Kotchergenko Engenharia Ltda. (2017). Projeto Detalhado Estrada de Ferro Vitória a Minas Dormentes de Aço Instrumentação e Análise de Fadiga Relatório Técnico. Belo Horizonte.

Vale SA. (2013). Manual Técnico da Via Permanente. Vitória: Vale SA.

Vasconcelos, R. L. (2018). Performance and Analysis of Failures in Steel Sleepers in a Brazilian Railway. Vitória, Brasil.