Revisão Estruturada da Estratégia de Manutenção da Via Permanente em Pátios e Terminais na EFC com foco em Prevenção de Acidentes Ferroviários

Frederico Camurça e Joseanderson Augusto

Resumo

Este artigo apresenta a aplicação de uma metodologia estruturada para revisão da estratégia de manutenção da via permanente na Estrada de Ferro Carajás (EFC), com foco nos ativos localizados em pátios e terminais. A principal motivação decorre do aumento de acidentes ferroviários entre 2019 e 2022, especialmente em áreas de manobra, evidenciando vulnerabilidades operacionais. A abordagem adotada baseia-se na norma ISO 55001 e no sistema interno de gestão de ativos da VALE (VPS), com ênfase no Elemento 8 – Manutenção. Os principais objetivos do estudo foram: analisar o histórico de falhas, estruturar a taxonomia dos ativos, classificar criticidade e prioridade, e implementar estratégias de manutenção customizadas. As ações desenvolvidas incluíram padronização do cadastro de ativos no SAP, definição de ativos críticos, criação de regras específicas para inspeção e manutenção preventiva, revisão dos limites admissíveis para dormentes e implementação de estratégias baseadas em overhaul. Os resultados preliminares indicam redução de acidentes, maior rastreabilidade das informações, melhor alocação de recursos e consolidação de uma base de dados estruturada. Essa base permitirá, futuramente, a aplicação de tecnologias emergentes como inteligência artificial e aprendizado de máquina para análises preditivas e prescritivas. O estudo reforça a importância de metodologias alinhadas às normas nacionais e destaca a necessidade de melhoria contínua na gestão de ativos ferroviários.

Palavras-chave: Estratégia de manutenção ferroviária, Gestão de ativos, ISO 55001, VPS (Vale Production System)

Abstract

This paper presents the application of a structured methodology for reviewing the maintenance strategy of the permanent way on the Carajás Railway (EFC), with a focus on assets located in yards and terminals. The main motivation stems from the increase in railway accidents between 2019 and 2022, particularly in maneuvering areas, highlighting operational vulnerabilities. The adopted approach is based on the ISO 55001 standard and VALE's internal asset management system (VPS), with emphasis on Element 8 – Maintenance. The main objectives of the study were: to analyze the failure history, structure the asset taxonomy, classify criticality and priority, and implement customized maintenance strategies. Actions developed included standardization of asset registration in SAP, definition of critical assets, creation of specific rules for inspection and preventive maintenance, revision of admissible limits for sleepers, and implementation of overhaul-based strategies. Preliminary results indicate a reduction in accidents, greater traceability of information, better resource allocation, and the consolidation of a structured database. This foundation will enable, in the future, the application of emerging technologies such as artificial intelligence and machine learning for predictive and prescriptive analyses. The study reinforces the importance of methodologies aligned with national standards and highlights the need for continuous improvement in railway asset management.

Keywords*: Railway maintenance strategy, Asset management, ISO 55001, VPS (Vale Production System)*

Sumário

1. Introdução 4
1.1 Contextualização 4
1.2 Motivação 4
1.3 Principais Objetivos do Trabalho 5
2. EFC - Estrada de Ferro Carajás 6
2.1 Principais Características 6
2.2 Principais Desafios 8
3. Metodologia Aplicada 9
3.1 Identificação dos Principais Ofensores 9
3.2 Importância da ISO 55001 11
3.3 Metodologia Interna VALE (VPS) 12
3.3.1 Requisito 8.1 – Estratégia de Manutenção (VPS) 13
4. Desenvolvimento e Resultados 14
4.1 Padronização da Nomenclatura de Ativos e Cadastro 14
4.1.1 Taxonomia dos ativos de Superestrutura em Pátios e Terminais 14
4.1.2 Cadastro de ativos 16
4.2 Classificação – Prioridade e Criticidade de Ativos 17
4.2.1. Prioridade e Criticidade um comparativo entre ISSO 55001 x VPS Elemento 8 ... 17
4.2.2 Escalation Notice (Governança dos ativos críticos) 18
4.2.3. Prioridade e Criticidade dos ativos em Pátios e Terminais da EFC 19
4.3 Alterações na Estratégia de Manutenção 20
4.4 Resultados Preliminares 22
5. Considerações Finais 24
5.1 Conclusão 24
5.2 Recomendações de trabalhos futuros 24
6. Referências Bibliográficas 25

Introdução

1.1 Contextualização

O Brasil é um país de dimensões continentais, mas sua matriz de transporte ainda não evoluiu para uma distribuição que aproveite o máximo de cada modal. Com base nos dados da (PNL, 2021, p. 66), o setor ferroviário representa 15% na movimentação de carga no Brasil, um valor baixo comparado a outros mercados como China, EUA e Rússia. Estima-se que cerca de ¾ da carga movimentada está relacionada a *comodities* e concentrada em poucas operadoras, com destaque por exemplo a movimentação e exportação de minério de ferro.

O transporte ferroviário apresenta inúmeras vantagens sobretudo quando se trata de grandes volumes em grandes distâncias, comparado a setores como o aéreo e rodoviário. O fator de segurança desse setor pode atingir valores muito inferiores ao setor rodoviário, por exemplo. Contudo, acidentes ferroviários é motivo de grande preocupação pelas operadoras. Tais eventos podem ser simples ou catastróficos (envolvendo fatalidades, danos ambientais e custo de reparo muito elevado). Diferente de outros modais, alguns eventos podem resultar na interrupção total do tráfego e grandes prejuízos para as operadoras.

Uma ferrovia é composta por diversas áreas e entre as principais pode-se destacar: operação dos trens, material rodante, infraestrutura, eletroeletrônica, via permanente e outras. Esse trabalho discute práticas de manutenção que foram implantadas na EFC (Estrada de Ferro Carajás da VALE) na manutenção da via permanente em regiões de pátio e terminais, desde iniciativas de gestão até alterações na estratégia técnica de manutenção. A estratégia adotada está baseada em padrões normativos como ISO 55001 e padrões internos da VALE como o VPS (*Vale Production System*).

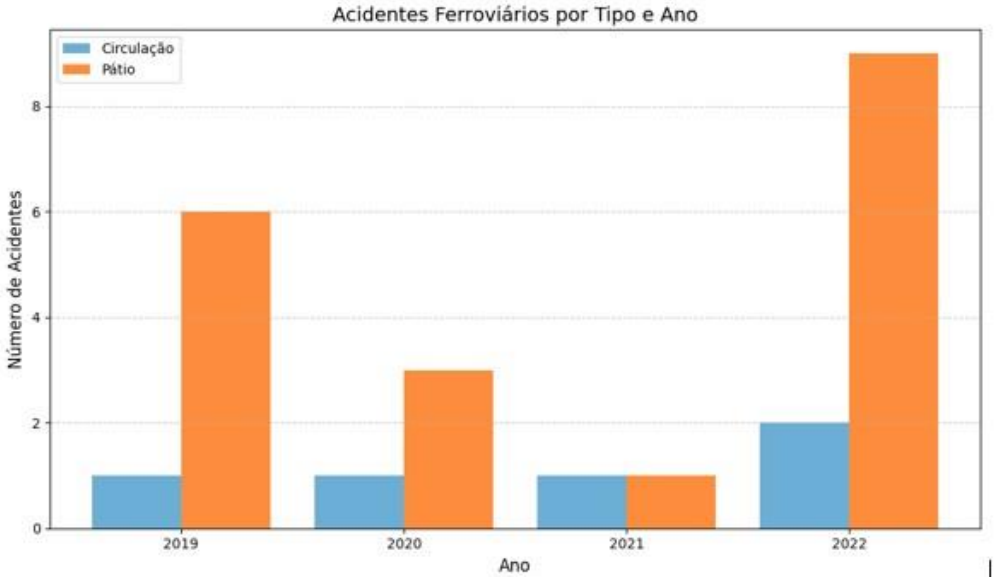
Um ponto discutido nesse trabalho e de grande relevância no contexto de manutenção e gestão é a organização e padronização da base de ativos. Essa é a etapa principal para o sucesso da gestão de ativos nas companhias e esse trabalho apresenta um estudo de caso na EFC.

1.2 Motivação

A segurança operacional no transporte ferroviário de cargas depende diretamente da integridade e confiabilidade dos ativos de via permanente, especialmente os componentes da superestrutura, como trilhos, dormentes, fixações e lastro. Na EFC o histórico recente de acidentes relacionados a falhas nesses ativos evidenciou a necessidade de uma abordagem mais estruturada e preventiva na sua gestão.

Entre os anos de 2019 e 2022, foram registrados diversos acidentes ferroviários atribuídos a problemas na via permanente (especialmente em pátios e terminais). Em 2021, houve uma redução significativa, mas em 2022 observou-se um aumento expressivo, totalizando 11 acidentes e a maioria em pátios e terminais. O Gráfico 1.1 ilustra esse comportamento e esse padrão evidencia a vulnerabilidade desses trechos, que embora operem em velocidades reduzidas, concentram manobras complexas e grande volume de movimentações. Nesse trabalho foram analisados os acidentes classificados como tombamento e descarrilamento.

Gráfico 1.1 Histórico de acidentes ferroviários com causas associadas a via permanente



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Diante desse cenário, a adoção de uma estratégia de manutenção estruturada, fundamentada no elemento de manutenção do sistema de gestão de ativos da VALE (VPS), surgiu como uma resposta estratégica para mitigar riscos, aumentar a confiabilidade da infraestrutura e impulsionar a melhoria contínua. Este trabalho apresenta a experiência de implementação dessa estratégia na gestão dos ativos de via permanente na EFC, destacando os desafios enfrentados, os resultados alcançados e as perspectivas futuras.

1.3 Principais Objetivos do Trabalho

O trabalho teve início na análise histórica dos acidentes, na avaliação da instabilidade do número de ocorrências a cada ano e nos principais motivadores que resultaram nos descarrilamentos. Muitas vezes um evento pode ter como causa principal desvios específicos, mas ao investigar com profundidade o processo investigativo revela padrões normativos e técnicos que foram descumpridos e que contribuíram para o evento.

Quando vários eventos são agrupados é possível observar uma repetição de alguns padrões e então é possível visualizar um caminho com ações estruturantes. Somado a essa análise o trabalho tinha o objetivo de implantar de forma estruturada uma metodologia de manutenção padronizada e sustentável baseada em padrões internos (VPS) e normativo (ISSO 55001). Vários requisitos desses padrões foram implantados como parte do plano de ação.

2. EFC - Estrada de Ferro Carajás

2.1 Principais Características

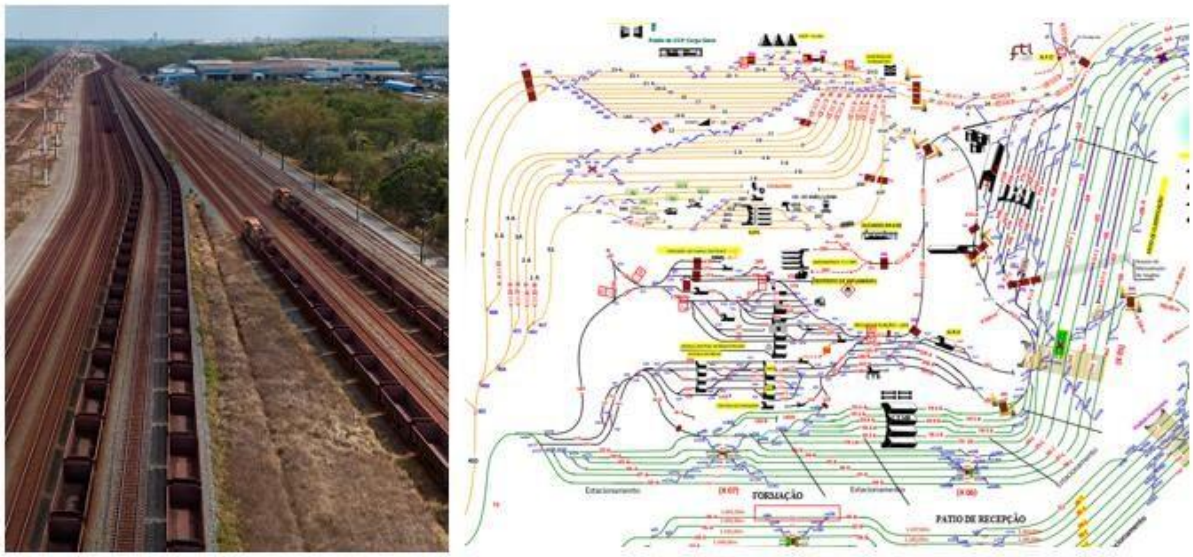
A Estrada de Ferro Carajás (EFC), operada pela VALE, está localizada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Ela conecta o porto de Ponta da Madeira, em São Luís (MA), ao complexo mineral de Carajás (PA), e mais recentemente ao complexo de Canaã dos Carajás (PA). Desde o início de suas operações em 1985, a EFC se consolidou como uma das principais ferrovias do país e uma referência no cenário ferroviário internacional.

Entre os principais insumos transportados pela EFC estão minério de ferro, ferro-gusa, manganês, cobre, combustíveis e carvão (Vale.com). O minério de ferro representa a maior parte da carga movimentada, sendo o carro-chefe da ferrovia. Além do transporte de cargas, a EFC também opera um trem de passageiros que percorre a mesma malha, atendendo comunidades ao longo do trajeto entre os estados do Maranhão e Pará.

A EFC faz parte do sistema logístico multimodal da VALE, considerada a maior operadora privada de logística e a principal investidora em infraestrutura logística no Brasil (ABIFER, 2024). Reconhecida como a ferrovia mais moderna e eficiente do país, e entre as mais avançadas do mundo, a EFC possui mais de 2.000 km de extensão em bitola larga.

Atualmente, a ferrovia opera com uma carga média de 32 toneladas por eixo e velocidade operacional de 80 km/h. Seus trens comerciais estão entre os maiores do mundo, com composições de até 330 vagões. A EFC possui quatro terminais, sendo três de carregamento (Serra Sul, Serra Norte e Serra Leste) e um descarga do minério (TFPM – Terminal Ferroviário Ponta da Madeira). Além dos terminais, a EFC possui diversos pátios de acesso a linhas auxiliares, oficinas e outros. Os eventos descritos acima ocorreram nesses locais e que representam mais de 436,2 km em extensão de via férrea, cerca de 663 AMVs e mais de 650.000 dormentes. A Figura 2.1 a) ilustra uma região do Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira - TFPM e em b) uma mostra do mapa do TFPM.

Figura 2.1 Foto TFPM (São Luis, MA) (a) e amostra do layout do TFPM (b).



Fonte: (a) https://vale.com/pt/maranhao (b) VALE (2024a).

2.2 Principais Desafios

Considerando as diversas áreas existentes na ferrovia, cada setor possui peculiaridades e desafios próprios. Com o aumento da produção e o provável crescimento do compartilhamento da malha por direito de passagem, a EFC estuda diversas possibilidades de aumentar a carga por eixo nos vagões e a velocidade média dos trens visando aumento de produtividade. Mas existem outros desafios como garantir segurança operacional em regiões gargalos na ferrovia, aumentar a confiabilidade em ativos de infraestrutura, otimizar a manutenção em pátios com janelas de tempo reduzidas, reduzir o número de acidentes ferroviários, garantir maior fluidez nos terminais e outros de igual importância.

Se tratando de via permanente, os dois últimos desafios citados são parte da motivação desse trabalho. Os terminais em geral são linhas com velocidade de circulação limitada com menor investimento de manutenção e isso torna essas linhas mais vulneráveis. Em relação especificamente a via permanente é uma prática admitir limites de manutenção mais permissivos. Embora a velocidade seja menor do que na linha principal, situações de risco podem lentamente se instalar e se materializar em eventos futuros. A Figura 2.2 ilustra exemplos de linhas com baixa velocidade, traçados sinuosos e de maior risco.

Ainda nesse contexto regiões de pátio e terminais podem possuir múltiplos pontos de estrangulamento (gargalo) e se não monitorados podem se transformar em graves problemas para a operação e manobra de trens. Esse trabalho teve como ponto de partida diversos acidentes registrados e a abordagem escolhida foi seguir uma metodologia focada na gestão de ativos.

Figura 2.2 Regiões com traçados críticos na EFC.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3. Metodologia Aplicada

Inicialmente é discutido a necessidade de se estabelecer uma estratégia de manutenção voltada aos ativos localizados em pátios e terminais, destacando sua relevância para a operação ferroviária. Em seguida, é abordado a importância da implantação de um sistema de gestão de ativos, conforme as diretrizes da norma ISO 55001.

Por fim é descrito o sistema de gestão de ativos utilizado pela VALE, o VPS, com foco nos componentes relacionados à manutenção. Esses elementos serão detalhados, servindo como base para o desenvolvimento do trabalho apresentado.

3.1 Identificação dos Principais Ofensores

O foco deste trabalho foi a implantação de uma estratégia de manutenção para os ativos de superestrutura em pátios e terminais. Foram considerados dois ofensores principais: impactos na produção (transporte ferroviários de carga) e riscos operacionais.

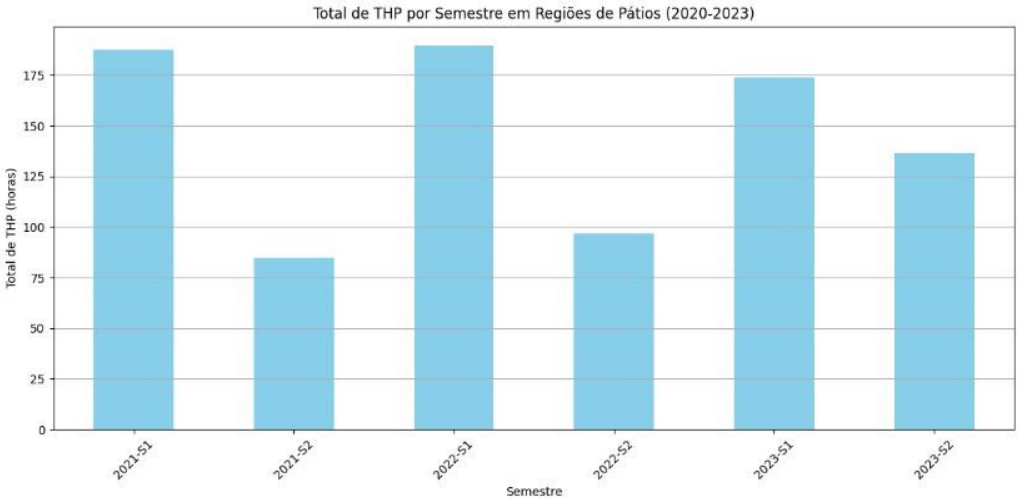
Ofensor de Impacto na Produção

A paralisação de linhas férreas em terminais de carregamento e descarregamento pode gerar impactos logísticos tão significativos quanto interrupções nas linhas troncais da malha ferroviária. Esses terminais representam pontos críticos de origem e destino das cargas, e sua inoperância compromete diretamente o fluxo de mercadorias, gerando atrasos, aumento de custos operacionais e ociosidade de ativos ferroviários (IPEA, 2010, p. 14–15). Além disso, segundo a Resolução nº 1431 da ANTT, paralisações superiores a 24 horas em linhas exclusivas para transporte de cargas são classificadas como acidentes ferroviários graves, evidenciando o

potencial disruptivo dessas ocorrências (MORILLO, 2013, p. 10). A literatura técnica também aponta que eventos que causam interrupções prolongadas nos terminais podem desencadear efeitos em cascata em toda a rede, afetando a eficiência operacional e a confiabilidade do sistema logístico como um todo (MORILLO, 2013, p. 11; 24). Portanto, a gestão de riscos e a manutenção da operação contínua nesses pontos são essenciais.

Com base na fonte de dados de eventos operacionais que impactam a circulação de trens na EFC, entre 2021 e 2023, 7,83% desses eventos tiveram origem em problemas na superestrutura das linhas de pátios e/ou terminais. Isso corresponde a uma média semestral de aproximadamente 145 unidades de THP (Trem-Hora Parado). O Gráfico 3.1 apresenta o total de THP por semestre na linha tronco da EFC causados por eventos ocorridos em Pátio e/ou Terminais.

Gráfico 3.1 THP na circulação de trens da EFC devido eventos na via em pátios e terminais.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Eventos nos terminais de carregamento e descarregamento podem impactar não apenas a circulação dos trens nas linhas troncais, mas também o próprio processo de carga e descarga. Na EFC, no contexto do transporte de minério de ferro, o carregamento é feito por meio de silos (nos terminais de carregamento em Carajás e em Canãa dos Carajás, ambas cidades do estado do Pará), enquanto a descarga ocorre através de viradores de vagões (no terminal ferroviário de Ponta da Madeira, em São Luís, no estado do Maranhão). Não foi possível ter acesso à base de dados necessária para dimensionar com precisão o quanto esses processos são afetados na EFC.

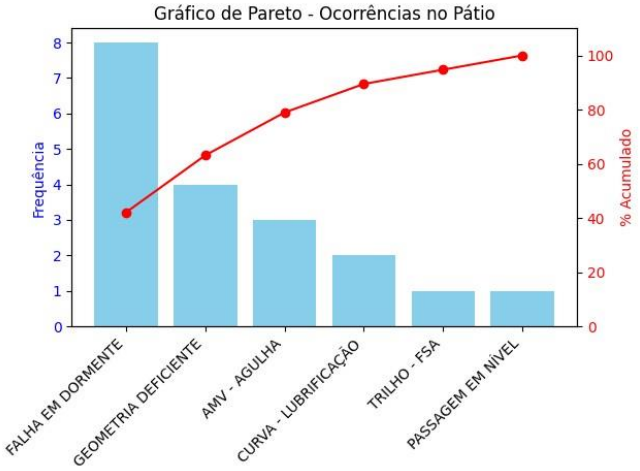
Ofensor de Risco

Acidentes ferroviários em linhas de pátios e terminais podem gerar impactos significativos na produção, principalmente devido aos longos tempos de paralisação que

costumam ocorrer nessas situações. Como mencionado anteriormente, esses eventos afetam diretamente a circulação dos trens nas linhas tronco, além de comprometerem o processo de carga e descarga nos terminais. O impacto é ainda mais crítico quando envolvem cargas perigosas, como combustíveis ou transporte de pessoas, exigindo protocolos rigorosos de segurança e resposta. O histórico de acidentes apresentado no Gráfico 1.1 é um dos principais motivadores deste trabalho, evidenciando a necessidade de atenção especial a esses pontos críticos da malha ferroviária.

No Gráfico 3.2, são destacadas as principais causas dos acidentes em pátios e terminais, relacionados à superestrutura. A análise dessas causas revela uma deficiência recorrente nos processos de manutenção dos ativos, o que reforça a importância de estratégias mais eficazes de inspeção, prevenção e correção. Compreender essas falhas é essencial para mitigar riscos, reduzir o tempo de indisponibilidade das linhas e garantir maior confiabilidade à operação.

Gráfico 3.2 Pareto dos Modos de falha dos acidentes ferroviários em pátios e terminais entre 2019 e 2022.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3.2 Importância da ISO 55001

A implantação de um Sistema de Gestão de Ativos, conforme os princípios da norma ISO 55001, representa um avanço estratégico para organizações que operam infraestrutura ferroviária. Essa norma internacional estabelece diretrizes para alinhar os ativos físicos aos objetivos organizacionais, promovendo decisões baseadas em risco, ciclo de vida e valor agregado. No contexto ferroviário, sua aplicação tem demonstrado benefícios tangíveis, como aumento da confiabilidade operacional, redução de custos de manutenção e maior transparência na tomada de decisões (UIC, 2016, p. 9–13; 15–21).

A VALE, por meio do seu Sistema de Gestão VPS (*Vale Production System*), já adota práticas alinhadas à ISO 55001, especialmente no Elemento 8 — Manutenção. Este elemento

estrutura-se no ciclo PDCA e define requisitos mínimos para garantir a integridade dos ativos e a confiabilidade das operações. O requisito 8.1, por exemplo, estabelece diretrizes para a definição de estratégias de manutenção com base na criticidade dos ativos, classificação de riscos e integração com sistemas de gestão — princípios também centrais na ISO 55001.

Ambos os modelos enfatizam a necessidade de uma taxonomia estruturada de ativos, priorização baseada em risco, definição clara de estratégias de manutenção e uso de indicadores de desempenho para monitoramento contínuo. Além disso, tanto a ISO quanto o VPS reconhecem a importância da governança documental, da gestão de materiais críticos e da capacitação técnica como pilares para a excelência operacional.

Portanto, a convergência entre a ISO 55001 e o VPS não apenas reforça a robustez do modelo interno da Vale, como também posiciona a organização em conformidade com as melhores práticas internacionais de gestão de ativos, promovendo segurança, eficiência e sustentabilidade na operação ferroviária.

3.3 Metodologia Interna VALE (VPS)

O VPS é um modelo integrado de gestão voltado para resultados, estruturado em três dimensões – Liderança, Técnico e Gestão – e composto por 17 elementos que visam garantir operações seguras, ambientalmente corretas e com alta performance operacional (Figura 3.1).

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se na implementação de parte dos requisitos do **Elemento 8 – Manutenção** do **Sistema de Gestão da Vale (VPS – Vale Production System)**, com foco específico nos ativos de via permanente localizados nos pátios e terminais da Estrada de Ferro Carajás (EFC).

Figura 3.1 Modelo de Gestão da VALE (VPS).

Fonte: Documento interno VALE 2024b.

O Elemento 8 do VPS trata especificamente da **gestão da manutenção**, estabelecendo requisitos mínimos que devem ser seguidos para assegurar a integridade dos ativos e a confiabilidade operacional. Esses requisitos são organizados segundo a lógica do ciclo PDCA, promovendo uma abordagem sistemática e contínua de melhoria (Figura 3.2).

Figura 3.2 Requisitos do Elemento 8 (Manutenção).

Fonte: Documento interno VALE 2024b.

O foco desse trabalho é o requisito 8.1-Estratégia de Manutenção. A aplicação deste requisito na EFC teve como objetivo principal mitigar os riscos associados à degradação da via permanente, que podem causar acidentes ferroviários (descarrilamentos e/ou tombamentos) especialmente nos trechos de pátios, onde se concentram manobras complexas e elevado volume de movimentações.

3.3.1 Requisito 8.1 – Estratégia de Manutenção (VPS)

O requisito 8.1 do sistema VPS da Vale estabelece diretrizes para alcançar excelência na gestão da manutenção de ativos, com foco na definição e aplicação da melhor estratégia conforme criticidade e prioridade dos ativos. A implantação exige uma abordagem estruturada, baseada em taxonomia, classificação de riscos e integração com sistemas de gestão. Os principais componentes para implantação são descritos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Componentes do Requisito 8.1-Estratégia de Manutenção, do Elemento 8 VPS.

Componentes	Detalhamento do Requisitos
Cadastro e Taxonomia de Ativos	✦ Cadastro no sistema informatizado com taxonomia mínima até o nível de sistema. ✦ Identificação física (tag) dos ativos críticos.
Classificação e Priorização	✦ Classificação por criticidade e prioridade (A, B, C). ✦ Ativos críticos com flag devem ser prioridade A, independentemente da análise de risco.

Estratégia de Manutenção	✦ Definição da melhor estratégia com base nos modos de falha e prioridade. ✦ Desdobramento em planos de manutenção com instruções detalhadas, recursos, frequência e tolerância. ✦ Representação dos planos no mapa de 52 semanas e gestão de cumprimento.
Gestão da Documentação Técnica	✦ Disponibilização e atualização de manuais, desenhos, esquemas e catálogos. ✦ Governança definida para controle e revisão dos documentos.
Materiais e Componentes	✦ Cadastro técnico, classificação de estocabilidade e criticidade. ✦ Monitoramento contínuo de itens não estocáveis e críticos. ✦ Homologação conforme normas internas.
Indicadores de Desempenho	✦ Aderência aos Plano de Manutenção Preventiva; ✦ Aderência aos Planos de Inspeção; ✦ Aderência ao tratamento de anomalias identificados pelos planos de inspeção;

Fonte: Documento interno VALE 2024b.

No desenvolvimento deste trabalho, o foco ocorreu nos seguintes componentes do requisito 8.1: cadastro e taxonomia dos ativos, classificação de criticidade e prioridade e estratégia de manutenção. Os outros componentes, apesar de igualmente importantes, não serão apresentados neste trabalho.

4. Desenvolvimento e Resultados

4.1 Padronização da Nomenclatura de Ativos e Cadastro

Antes de iniciar o processo de cadastro dos ativos no sistema informatizado de manutenção é fundamental estabelecer um padrão de identificação que garanta consistência, rastreabilidade e integração entre os diversos elementos da via permanente. Nesse contexto, destaca-se a importância da definição da taxonomia dos ativos, que serve como base para a estruturação lógica e hierárquica dos dados no sistema.

4.1.1 Taxonomia dos ativos de Superestrutura em Pátios e Terminais

Segundo o padrão interno da VALE, taxonomia é definida como **a estrutura de classificação hierárquica dos locais de instalação dos ativos.** Esses locais são representações técnicas no sistema de gestão de manutenção utilizado pela empresa, o SAP, e **correspondem a ativos físicos.**

Para a aplicação específica em pátios e terminais da Estrada de Ferro Carajás (EFC), a taxonomia adotada segue a seguinte hierarquia:

1º Nível - Planta: Representa o nível mais alto da estrutura, correspondente à unidade operacional onde os ativos estão inseridos. No caso em estudo, trata-se da própria EFC, embora o conceito possa ser aplicado a outras plantas, como portos, minas ou ferrovias distintas.

2º Nível - Eixo Ferroviário: Define o trecho operacional entre dois pontos principais. Na EFC, são considerados dois eixos: o Eixo Principal (São Luís-MA a Carajás-PA) e o Ramal de Serra Sul (Parauapebas-PA a Canaã dos Carajás-PA).

3º Nível - Pátio ou Terminal: Corresponde à unidade operacional específica dentro do eixo ferroviário, onde se concentram as atividades de carga, descarga, cruzamento ou estacionamento de composições.

4º Nível - Segmento de Via Férrea: Representa o ativo pai dentro do sistema, no caso da EFC é um segmento de via férrea. Cada segmento é delimitado por pontos notáveis da via, como pontas de agulha de AMVs, juntas isolantes, entradas/saídas de processos logísticos ou fins de linha. Importante que o lastro, dormentes e elementos de fixações, não serão representados com um nível de local de instalação específico, assim, seus serviços deverão ser apropriados dentro deste nível.

5º Nível - Ativos Filhos do Segmento: Neste nível, são cadastrados os elementos físicos e funcionais do segmento, como:

Trilho Esquerdo e Trilho Direito;

Ativo Via (representa a geometria da via, sem correspondência física direta);

AMV (Aparelho de Mudança de Via), que agrega todos os componentes associados, como chapas, parafusos, barras, etc.

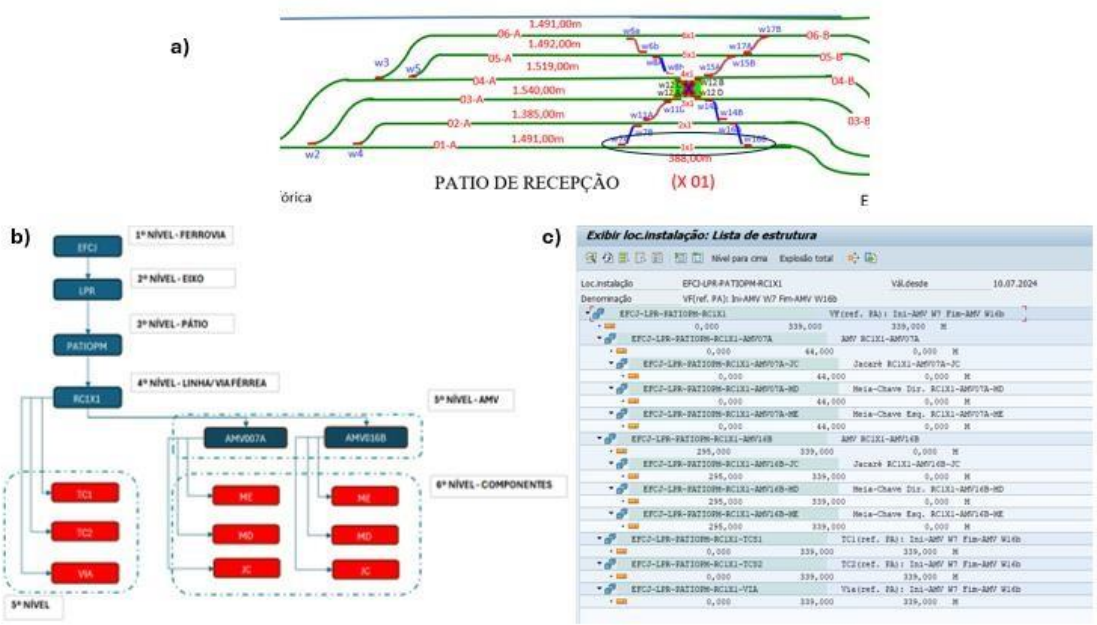
6º Nível - Componentes do AMV: Detalhamento dos elementos que compõem o AMV:

Meia-Chave Direita (MCD) e Meia-Chave Esquerda (MCE), compostas por agulha e trilho de encosto;

Jacaré Ativo, representando o componente específico do jacaré.

Essa estrutura permite uma gestão mais eficiente dos ativos, facilitando o planejamento, a execução e o controle das atividades de manutenção, além de garantir maior confiabilidade nas análises de desempenho e tomada de decisão. A Figura 4.1 apresenta uma representação de como fica a taxonomia para os ativos de um segmento de via férrea apresentado em (4.1.a).

Figura 4.1- a) Segmento de Via Férrea (RC1X1) que inicia na PA (Ponta da Agulha) do AMV07A e termina na PA do AMV16B; b) Arvore de Taxonomia de toda a estrutura de ativo para a linha RC1x1. C) Representação dos ativos cadastrados como Locais de Instalação no SAP.



Fonte: Autor.

4.1.2 Cadastro de ativos

A construção da EFC foi concluída em 1985. Passados 40 anos, infelizmente, muitos dos desenhos dos projetos originais foram perdidos. O desenho de projeto necessário para o cadastro de ativos é o **projeto geométrico do plano horizontal da ferrovia.** Para evitar que o cadastro dos ativos dependesse exclusivamente de um levantamento topográfico em campo, foi utilizado diversas fontes de informação:

- Projetos geométricos com o plano horizontal, encontrados no sistema de documentação técnica da companhia (GED-Engenharia);
- Dados cadastrados no sistema de apoio à produção (no caso, o GPV-Ferrovias);
- Informações obtidas por meio do Google Earth;
- Levantamentos realizados em campo.

Com base nessas informações foram elaboradas planilhas contendo todos os **TAGs** dos locais de instalação correspondentes aos **segmentos de via (4º nível)** e aos **AMVs (5º nível)**. A partir desses dados, foi possível realizar o cadastro dos demais ativos nos níveis inferiores.

Como resultado, 100% dos ativos de superestrutura foram devidamente cadastrados no sistema informatizado de manutenção. Com isso, informações como a quantidade de AMVs, extensão de linhas, entre outras, já podem ser extraídas diretamente do sistema de gestão.

4.2 Classificação – Prioridade e Criticidade de Ativos

Essa seção discute o conceito de classificação de ativos segundo a ISO 55001 e segundo o VPS Elemento 8 e na sequência é explicado a ferramenta do *Escalation Notice* para governança dos riscos. Por fim é apresentado uma tabela resumo mostrando a classificação de ativos segundo prioridade e criticidade nos Pátios e Terminais da EFC.

4.2.1 Prioridade e Criticidade um comparativo entre ISSO 55001 x VPS Elemento 8

A ISO 55001 propõe a classificação dos ativos com base em sua criticidade, considerando o valor que geram para o negócio, os riscos associados à sua falha e os impactos financeiros, operacionais e ambientais. Essa classificação distingue ativos críticos e não críticos, levando em conta sua função no negócio, as consequências da falha e a existência de redundância ou *backup*. Embora não haja uma estrutura formal de níveis hierárquicos, adota-se uma abordagem qualitativa que considera sistemas de ativos, ativos individuais e componentes. O conceito de criticidade é central, pois ativos críticos são aqueles cuja falha compromete os objetivos organizacionais, enquanto a prioridade não é tratada como critério separado, mas está implícita na análise de risco e impacto.

Já considerando o VPS Elemento-8, a classificação de ativos é feita com base em dois critérios principais: criticidade, que considera se o ativo está associado a riscos críticos ou eventos materiais indesejados (MUE), e prioridade, definida em três níveis (A, B, C) conforme o impacto local do ativo para o negócio. A taxonomia dos ativos deve ser estruturada no mínimo até o 6º nível hierárquico, sendo a prioridade atribuída a partir do 5º nível. Ativos críticos são aqueles cuja falha pode causar riscos severos à segurança, meio ambiente ou operação, sendo identificados com flag no sistema informatizado de manutenção. A prioridade é dividida em: A (alto impacto), B (impacto moderado) e C (baixo impacto, com foco em otimização de custos). A Tabela 4.1 apresenta um quadro comparativo entre as duas normas.

Tabela 4.1 Comparação dos principais itens entre ISSO 55001 e VPS Elemento 8.

Aspecto	ISO 55001	VPS Elemento-8
Critérios de Classificação	Criticidade (valor, risco, impacto)	Criticidade + Prioridade (A, B, C)

Aspecto	ISO 55001	VPS Elemento-8
Níveis Hierárquicos	Não especificado	Até o 6º nível da taxonomia(Mínimo)
Criticidade	Sim, conceito central	Sim, com definição formal e flag no sistema
Prioridade	Implícita	Sim, com níveis A, B, C

Fonte: Autor.

4.2.2 *Escalation Notice* (Governança dos ativos críticos)

O *Escalation Notice* é um processo de gestão de manutenção voltado para ativos críticos e componentes críticos, especialmente aqueles associados a riscos críticos. Ele atua como um mecanismo de alerta e escalonamento para garantir que ações corretivas sejam tomadas de forma rápida e eficaz quando há atrasos ou falhas na execução das atividades de manutenção.

Os principais objetivos do *Escalation Notice* são: garantir a rastreabilidade e a resposta ágil às demandas de manutenção de ativos críticos, evitar a materialização de riscos críticos, como eventos indesejados com impacto severo em pessoas, meio ambiente, reputação ou finanças, assegurar a governança e o cumprimento da estratégia de manutenção, conforme os padrões definidos pela engenharia e escalonar o atraso da manutenção para todos os níveis.

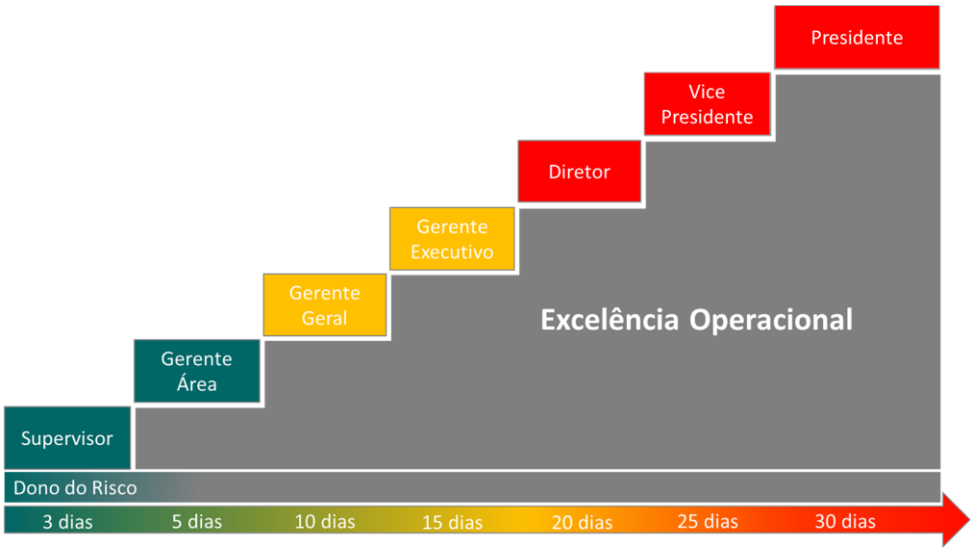
O processo é acionado automaticamente em diferentes cenários. A Tabela 4.2 e a Figura 4.2 apresentam mais detalhes desse fluxo de acionamento da cadeia de ajuda e prazos. O *Escalation Notice* é uma ferramenta essencial para garantir a confiabilidade operacional.

Tabela 4.2 Cenários para início do processo de *Escalation Notice*.

Cenários	Início do processo do *escalation notice*	
Solicitação de Manutenção (Nota de Manutenção)	No terceiro dia após a data de abertura da nota.	
Ordem de execução de manutenção, gerada automaticamente pelo sistema de gestão da manutenção (Sistemática)	No dia seguinte a data de tolerância do plano.	
Ordem de execução de manutenção, gerada de forma manual no sistema de gestão da manutenção (Não Sistemática)	Com data conclusão desejada na nota.	No dia seguinte a data conclusão desejada da nota.
	Sem data conclusão desejada na nota.	No terceiro dia após a data de abertura da OM.

Fonte: VALE (2024c).

Figura 4.2 Hierarquia de notificação do *Escalation Notice*.



Fonte: VALE (2024c).

4.2.3 Prioridade e Criticidade dos ativos em Pátios e Terminais da EFC

O resultado da aplicação da metodologia de classificação de criticidade e prioridade de ativos de superestrutura de Pátios e Terminais da EFC (segundo o VPS -Elemento -8) está resumido na Tabela 4.3. É possível observar que 28,2% da extensão de Vias Férreas caso falhem podem materializar um MUE (Críticas -A), 40% caso falhem geram um impacto moderado e 31,8% caso falhem geram um impacto baixo.

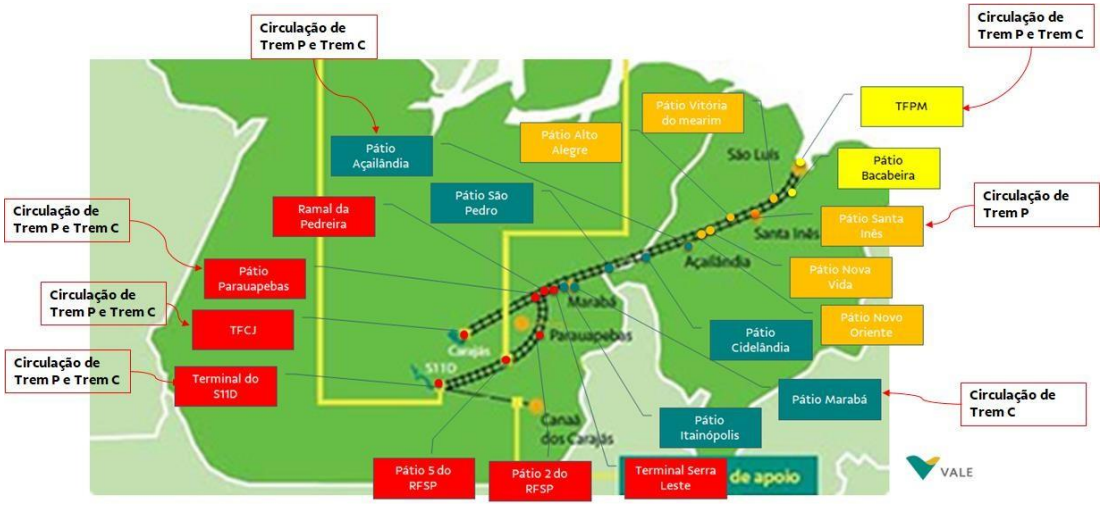
Tabela 4.3 Resumo de Ativos de Superestrutura, classificados por Prioridade e Criticidade

Pátios EFC	Crítico		Não Crítico						Total
	A		A		B		C		
	%(Total)	Ext(m)	%(Total)	Ext(m)	%(Total)	Ext(m)	%(Total)	Ext(m)	Ext(m)
A-PATIOPM	27,7%	69.837	0,0%		45,6%	114.862	26,6%	67.043	251.742
B-PATIOBA	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	17.635	17.635
C-PATIOVM	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	3.858	3.858
D-PATIOSI	18,4%	932	0,0%		0,0%		81,6%	4.136	5.068
E-PATIOAA	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	3.053	3.053
F-PATIONV	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	3.601	3.601
G-PATIONO	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	1.868	1.868
H-PATIOAL	52,4%	10.964	0,0%		0,0%		47,6%	9.945	20.909
I-PATIOCD	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	2.042	2.042
K-PATIOSP	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	2.363	2.363
L-PATIOMB	86,4%	12.316	0,0%		0,0%		13,6%	1.944	14.260
M-PATIOIT	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	1.979	1.979
N-PATIOSL	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	8.018	8.018
O-PATIORP	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	2.258	2.258
P-PATIOPA	55,5%	6.096	0,0%		0,0%		44,5%	4.888	10.984
Q-PATIOCJ	19,6%	7.961	0,0%		80,1%	32.544	0,4%	146	40.651
R-LOCAL02 S11	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	1.440	1.440
S-LOCAL05 S11	0,0%		0,0%		0,0%		100,0%	2.672	2.672
T-PATIOSS	35,6%	14.918	0,0%		64,4%	26.966	0,0%		41.884
Total - Ext(m)	**28,2%**	**123.024**	**0,0%**	**0**	**40,0%**	**174.372**	**31,8%**	**138.889**	**436.285**

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Figura 4.3 mostra a disposição geográfica dos Pátios e Terminais presentes na EFC, destacando aqueles que tem circulação de produtos perigosos, passageiro e combustível.

Figura 4.3 - Pátios e Terminais da EFC



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4.3 Alterações na Estratégia de Manutenção

A pavimentação promovida no sistema e nos documentos pelas iniciativas e metodologia citadas permitiu a implantação de novas estratégias de manutenção com a customização de algumas delas. Abaixo são descritas algumas das principais mudanças em que o retorno foi mais significativo.

Definição de regras específicas para linhas críticas e o fluxo *escalation*

Alguns segmentos da via férrea foram classificados como críticos por razões já citadas e a segmentação e padronização no sistema SAP permitiu a implantação de um monitoramento desses ativos. Em pátios e terminais existem vias pouco solicitadas, excessivamente utilizadas e outras em condição intermediária. Ao inserir um rótulo de crítica, independente do fluxo de trens nesse local, qualquer demanda registrada ou plano para esse local passa a ter uma vigilância diferenciada. Isso facilita uma gestão mais simples e permite a tomada de decisões com maior agilidade, além de promover uma clareza de prioridade para áreas como o PCM.

Definição de regras para prioridade de ativos e implantação

A classificação dos ativos como prioridade A, B e C permite o agrupamento de ativos por importância para a companhia. Isso permite uma melhor gestão de risco e recursos. Dessa forma é possível criar estratégias específicas e mais conservadoras para um determinado grupo, assim como regras mais permissivas para outro grupo.

Documentação detalhada da estratégia de manutenção

Embora isso ainda seja um problema na EFC e outras grandes empresas, houve um avanço na organização da documentação principal da estratégia de manutenção. O documento que contém todo o detalhamento da estratégia de manutenção foi migrado para um ambiente acessível a todos os colaboradores, a informação foi centralizada em um único documento, as informações complementares foram organizadas como anexo no mesmo diretório e isso permitiu menor fluxo de informação entre as áreas de interface. Essa é uma ação importante para reduzir a dependência de informações concentradas em profissionais específicos e aos poucos torna democrático o acesso a conteúdo técnicos dentro da companhia.

Implantação de gestão da manutenção baseado nos ativos

A taxonomia e organização dos ativos tem permitido aos poucos avançar com uma melhor gestão de custos e análises de confiabilidade. No caso da EFC, especialmente nas linhas de pátio e terminais houve pouca atenção a necessidade de uma apropriação correta dos dados de manutenção. Muitas vezes calcular a vida média de um ativo ou estimativa de consumo de um material representam tarefas dispendiosas em uma base com pouca organização. No curto prazo as mudanças implementadas já tem reduzido o tempo para essas análises e no futuro haverá um ganho de produtividade para os analistas como resultado dessa implantação.

Criação de regras específicas de manutenção baseada nas análises

Além de seguir os padrões orientados da metodologia, diversas oportunidades foram identificadas com base nas análises e observação dos eventos. Isso resultou na criação de estratégias específicas de manutenção especialmente em linhas de pátio e terminais. A Tabela 4.4 resume algumas dessas iniciativas implementadas.

Tabela 4.4 Principais revisões na estratégia e objetivos

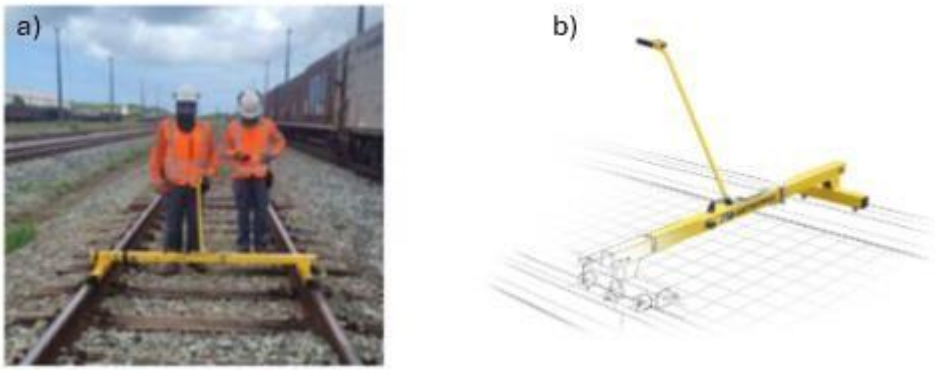
Descrição Resumida da Estratégia	Objetivo
Implantação de lubrificação sistemática de curvas com raio < 350m Implantação em ativos com prioridade A, B, C	Redução do atrito e consequente redução da probabilidade de descarrilamentos.
Planos sistemáticos de coleta de dados de geometria em curvas com raio < 350m Implantação em ativos com prioridade A, B, C	Independente da prioridade, linhas com raios < 350m precisam de uma maior vigilância e esse plano permite esse monitoramento.
Implantação de regra mínima de inspeção para todos os ativos Implantação em ativos com prioridade A, B, C	Isso garante que mesmo ativos com prioridade C serão minimamente inspecionados.

Revisão dos limites admissíveis para dormentes de acordo com o segmento de via	Foram revisadas as regras da quantidade de dormentes inservíveis admissíveis de acordo com o local padronizando medidas mais conservadoras em cada local
Definição de estratégia de manutenção baseada em *overhaul* em alguns locais	Alguns locais com baixa prioridade podem ter grandes impactos nas ocorrências de eventos de falha ou acidente. Foram mapeados locais para adotar a estratégia de *overhaul* como prevenção.
Alteração da estratégia de manutenção relativo à matriz de dormentes utilizada	Embora o padrão seja dormente de madeira, a estratégia sofreu revisões para a entrada de dormentes de polímero e concreto em locais específicos.
Inspeções de geometria e US em todas as linhas críticas (prioridade A)	Foi implementado uma inspeção anual US em todas as linhas críticas como medida de prevenção de trincas e fraturas em trilhos.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

É válido destacar a alteração da estratégia em relação a medição de geometria em linhas de pátios e terminais. Essas linhas não possuíam planos sistemáticos de coleta de dados de geometria, prática obrigatória na linha principal. Mas em vários eventos a análise indicou que o monitoramento prévio da geometria poderia ter evitado alguns dos eventos pela atuação preventiva. A Figura 4.4 ilustra a medição sendo realizada em campo por um trole de medição.

Figura 4.4 – Inspeção de geometria com trole de medição



Fonte: a) Elaborado pelo próprio autor e b) www.geismar.com/amber

4.4 Resultados Preliminares

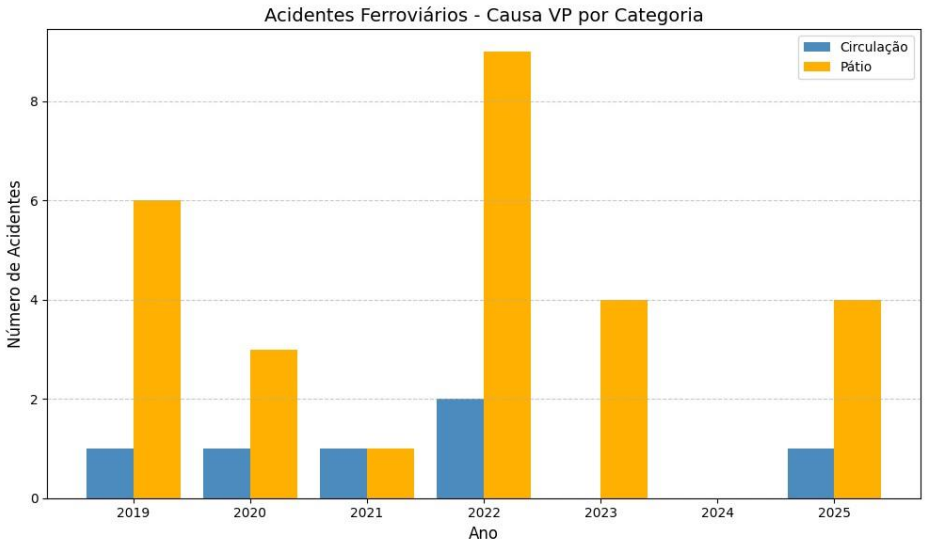
A revisão da taxonomia criando um padrão para os ativos, o cadastro efetivamente no sistema de manutenção utilizado pela EFC (SAP), a implantação de regras de prioridade dos

ativos, a criação do conceito de ativo crítico e um fluxo automático de acionamento da cadeia de ajuda e por fim, a observação e análise dos incidentes e acidentes permitiram um pacote de medidas (revisão e a criação de novas estratégias) em que os resultados já estão sendo coletados no curto prazo. Entre os principais resultados, pode-se destacar:

- Redução de acidentes nos pátios;
- Aumento da rastreabilidade e confiabilidade das informações de campo;
- Melhoria na alocação de recursos e planejamento de intervenções;
- Consolidação de uma base de dados estruturada para tomada de decisão;
- Criação de um padrão na base de ativos e registros que permitirão explorar com menor esforço aplicações da IA e ferramentas similares no contexto da manutenção;
- Melhoria da gestão do custo por ativo devido a estruturação dos ativos e base;

O Gráfico 4.1 ilustra o resultado obtido nos anos seguintes após várias modificações na estratégia de manutenção com base no que foi discutido. Foi observado que a revisão da estratégia pode não ser suficiente para evitar eventos e é necessário desenvolver estratégias de monitoramento e intervenção quando necessário. Nesse contexto tem surgido o conceito de Centros de Monitoramento de Ativos (CMA). É válido ressaltar que alguns eventos ocorridos após a implantação da estratégia poderiam ter sido evitados, mas houveram falhas na atualização da base, que não incluíram regiões que deveriam estar mapeadas como prioridade A, e então receberiam as medidas estabelecidas para esse grupo antes dos eventos.

Gráfico 4.1 Histórico de Acidentes Ferroviários (escopo do artigo) na EFC.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

5. Considerações Finais

5.1 Conclusão

Importante citar que seguir uma metodologia é fundamental para um trabalho sustentável, mas é necessário a observação detalhada das particularidades de cada área de manutenção para identificar quais ações e modificações devem ser priorizadas. Não é responsabilidade da ISO 55001 ou o VPS promover essa clareza, mas sim da equipe envolvida na estruturação, análise e implantação.

A implantação do sistema de gestão de ativos conforme o VPS nos pátios e terminais da EFC demonstrou resultados concretos e positivos no curto prazo. A redução significativa das ocorrências ferroviárias, especialmente descarrilamentos e tombamentos, evidencia a eficácia da abordagem estruturada e baseada em risco adotada.

Embora tenha sido observado um aumento no número de falhas ocultas detectadas por inspeções, esse resultado deve ser interpretado como um avanço no processo de monitoramento e controle. A maior capacidade de identificar falhas antes que se convertam em eventos operacionais reforça a maturidade do sistema implantado e a efetividade das estratégias.

A consolidação de uma base de dados estruturada, a classificação de criticidade e prioridade dos ativos e a integração com o sistema informatizado de manutenção permitiram uma gestão mais eficiente, transparente e orientada à tomada de decisão.

5.2 Recomendações de trabalhos futuros

Esse artigo discutiu parte da rota desenvolvida de melhorias e a expectativa é a continuação desse trabalho em outras frentes. Um exemplo é o refinamento da taxonomia em alguns casos e a implantação desse padrão de taxonomia em outros ativos que não foram alvo.

O trabalho de padronização de ativos e taxonomia é a base para que sejam usadas ferramentas de gestão e confiabilidade já existentes no mercado e para permitir extrair o máximo das diversas aplicações com IA que estão surgindo. Muitas empresas ainda não estão preparadas para acessar essa onda disruptiva porque seus dados ainda não estão estruturados.

Dessa forma, como próximos passos recomenda-se o aprofundamento das análises preditivas e prescritivas com uso dessas tecnologias emergentes e a continuidade do processo de melhoria contínua, com foco na confiabilidade, segurança e desempenho.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Empresa de Planejamento e Logística – EPL. *Plano Nacional de Logística – PNL 2025*. Brasília: EPL, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/ptbr/assuntos/plano-nacional-de-logistica. Acesso em: 28 jul. 2025.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Transporte ferroviário de cargas no Brasil: gargalos e perspectivas para o desenvolvimento econômico e regional*. Brasília: Ipea, 2010. (Comunicado do Ipea, n. 50).

MORILLO, Alfredo Hugo Valença Perazzo. *Conceitos e normas relacionados aos acidentes ferroviários*. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Trabalho acadêmico. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284170859. Acesso em: 28 jul. 2025.

UIC – Union Internationale des Chemins de fer. *UIC Railway Application Guide: Practical implementation of Asset Management through ISO 55001*. Paris: International Union of Railways, 2016.
96 p. ISBN 978-2-7461-2521-6.

VALE. *Manual de procedimentos operacionais – Projeto Alfa*. São Luís, 2023b. Documento interno. Não publicado.

VALE. *[PRO-045270 - 00 - Anexo 01 - Layout TFPM v.2024]*. São Luís, MA, Brasil, 2024a. Documento interno. Não publicado.

VALE. [*PNR - 000008 - Diretrizes para o Elemento 8 do VPS – Manutenção]*. Belo Horizonte-MG, 2024b. Documento interno. Não publicado.

VALE. *[PGS-006601 - Guia da Estratégia de Manutenção]*. Belo Horizonte-MG, Brasil, 2024c.
Documento interno. Não publicado.