

# Emergências indesejadas na EFC

José Magno Pereira<sup>1\*</sup>, Rhaisa Tavares<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Controle de Tráfego, Trem de Passageiros e Combustíveis, Estrada de Ferro Carajás, Vale, Avenida Dos Portugueses, s/n, Praia do Boqueirão, CEP: 65085-580, São Luís/MA.

e-mail: jose.magno.pereira@vale.com, rhaisa.tavares@vale.com.

**Resumo** Os eventos de emergências indesejadas ocorrem nas ferrovias em todo o mundo, causam perdas de produção devido à paralisação parcial do tráfego e podem também gerar acidentes ferroviários com graves consequências, devido aos esforços que são gerados na composição durante a parada brusca do trem. Na Estrada de Ferro Carajás, esses eventos se tornaram mais críticos considerando o tamanho do trem tipo para transporte de minério com 332 vagões. Nos dois últimos anos, ocorreu um aumento da quantidade de eventos. Devido ao cenário de perdas de produção, foi criado um grupo de estudo multidisciplinar para analisar e propor soluções. O grupo realizou uma revisão literária sobre o tema, trocou experiências com outras ferrovias e tem investigado as possíveis causas dos eventos e testado as hipóteses levantadas. A maior concentração dos eventos tem ocorrido no trem tipo para transporte de minério com potência distribuída e vagões GDTs e GDUs na composição. As locomotivas da Estrada de Ferro Carajás são equipadas com freio eletrônico, e a frota de vagões destinada ao transporte de minério é composta por válvula de freio DB 60 em sua maioria, e ABDX e ABDW em menor quantidade. O grupo de estudo buscou identificar nos ativos, causas que levaram às falhas e elaborou uma série de ações corretivas e preventivas que resultaram na redução dos eventos desta natureza na Estrada de Ferro Carajás, contribuindo para a redução de impactos na circulação.

**Palavras-Chaves:** Operação. Emergências indesejadas. Potência distribuída. Sistema de freio.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento no mercado de *commodities* impulsionou o aumento do tamanho dos trens para um maior transporte de volume por viagem. Frente aos desafios enfrentados pelo mercado, as ferrovias são cada vez mais exigidas por Confiabilidade nas suas operações. Conviver com problemas crônicos não é mais aceitável.

Na Estrada de Ferro Carajás - EFC, as emergências indesejadas começaram a despertar interesse a partir de 2014, onde foi percebido um crescimento no número de eventos que geravam paralisação no tráfego e perda na capacidade de transporte.

No ano de 2014, não havia tanto rigor nos registros de ocorrências desta natureza. Com a consolidação do grupo de estudo e a necessidade de dados mais confiáveis a cerca do problema em observação, foram realizadas ações para garantir com precisão o registro

das ocorrências e os detalhes que poderiam auxiliar o grupo no tratamento das causas.

As emergências indesejadas são aplicações de freio que ocorrem independente da ação do maquinista podendo ocorrer devido a anomalias na integridade da composição (quebra de engate, desacoplamento de mangueiras ou atuação de DDV do vagão).

O freio de emergência também pode ser utilizado quando o maquinista percebe uma situação de risco operacional e efetua o acionamento com o intuito de salvar vidas e/ou evitar danos patrimoniais, neste caso, sendo classificada como uma emergência intencional [2].

Este estudo se concentrou nas ocorrências de emergências indesejadas em trem-tipo de transporte de Minério de Ferro, nas quais nenhuma anomalia visível é identificada de imediato no trem, normalizando o sistema de freio e prosseguindo viagem.

Esse tipo de ocorrência acontece normalmente após uma aplicação mínima de freio com a finalidade de controlar a velocidade do trem. O sistema responde com uma aplicação de emergência, independente da vontade do maquinista.

Alguns trabalhos já apontam um caminho a seguir na busca das causas deste tipo de evento indesejado. A Associação de Ferrovias Americanas (*Association of American Railroads – AAR*) realizou diversos testes e apontou causas prováveis para o fenômeno. Estudos no Brasil e no exterior em ferrovias que conviveram com essas falhas no sistema de freios dos trens também foram consultados. Este estudo partiu do entendimento que as emergências indesejadas sem causa aparente tinham múltiplos fatores e responsáveis. Podendo ter como contribuintes os diversos atores: vagões, locomotivas e operação de trens. Dessa forma, tornou-se necessário evidenciar a participação de cada um desses atores para tornar aparente a causa de cada evento e traçar ações adequadas para reduzir as ocorrências.

Com a redução dessas paradas no tempo de viagem das minas de Carajás para o porto em Ponta da Madeira, há uma redução na perda de produção devido à paralisação de tráfego e, indiretamente, ainda há uma contribuição para a eficiência energética da ferrovia por resultar em menor consumo de combustível para transporte da carga.

## 2. AS REFERÊNCIAS PARA O ESTUDO

### 2.1. ESTUDO AAR (1990) – [1]

Para a AAR as emergências indesejada (*undesired emergency – UDEs*), “normalmente são esporádicos e imprevisíveis, ocorrem mais frequentemente em trens que estão se movimentando do que quando estão parados. Encontrar a válvula de controle que iniciou a UDE é uma tarefa quase impossível”.

Com base nos resultados da pesquisa da AAR, as seguintes recomendações foram consideradas para reduzir o problema das emergências indesejadas na EFC:

- Reduzir a ação de folgas em composições. A experiência tem mostrado que UDEs são praticamente inexistentes nos trens “*double stack*”.
- Prosseguir a investigação dos efeitos da temperatura e umidade do ar no desempenho das válvulas de controle.

- Estabilizar as válvulas de controle ABDW em todos os vagões equipados com válvula de serviço rápido por meio da colocação de estrangulamento de 0,43 de polegada no diâmetro do orifício da placa plana.

### 2.2. ESTUDO MRS - IME (2012) [2]

O trabalho do IME além de citar o estudo feito pela AAR indica fatores que devem ser estudados, tais como:

- teste de freio *Single Car*, não tem a mesma eficiência quando comparados com vagões longos e curtos.
- indícios de umidade no encanamento geral que podem, sob condições de temperatura ambiente, condensar e congelar, (...) podendo prejudicar a estabilidade da válvula de controle.

O estudo da MRS também apontou falhas em válvulas DB 60. Nesta etapa houve a participação do fabricante que recomendou o ajuste do diâmetro do furo do pistão da câmara de ação rápida da válvula. Ação esta que foi replicada para as demais ferrovias.

### 2.3. ESTUDO DA FERROVIA SUL AFRICANA (2014) – [3]

Dentre as referências aqui apresentadas, o modelo de trens que mais se aproxima do trem-tipo da EFC é o da *Transnet* na África do Sul, que utiliza trens com 342 vagões e potência distribuída.

A *Transnet* trata as emergências indesejadas desde 1995. No estudo feito, interessou as lições aprendidas a partir da implantação dos trens com potência distribuída onde foi percebido primeiramente um crescimento no número de eventos com emergências indesejadas para posterior redução após implementação das medidas corretivas.

### 2.4. ESTUDO EFVM (2015)

O estudo atual da Estrada de Ferro Vitória a Minas - EFVM aponta que os eventos estão concentrados em trens de carga geral e muito poucos em trens de minério que é o mais relevante para a EFC.

Logo, não contribui significativamente observar os dados da EFVM para encontrar a melhor solução para a EFC. Ajudou, no entanto, conhecer a boa organização de dados feita por aquela ferrovia.

### 3. METODOLOGIA

Para entender o modo de falha e resolver o problema das emergências indesejadas na EFC, Os seguintes passos foram seguidos:

1. Inicialmente, foram levantadas as bibliografias a cerca do tema em questão.
2. Foi realizada a análise estatística dos dados de emergências ocorridas no período compreendido entre 2014 e o ano que se iniciava – 2015.
3. Foram avaliados os registradores de eventos dos trens que apresentaram estes eventos para analisar o comportamento da falha.
4. Foi montado um grupo multidisciplinar para realizar inspeções e testes em campo nos trens que apresentavam esse tipo de evento.
5. Foi avaliada também a performance dos trens mapeados em viagem (levantadas as fichas dos trens com os ativos envolvidos: vagões e locomotivas) e avaliada a reincidência dos ativos nos eventos.
6. As anomalias encontradas nos ativos durante as inspeções foram avaliadas em laboratórios para identificação das causas que o fizeram falhar.
7. Ações de correção e prevenção foram propostas para eliminar a recorrência das falhas.

Com esta metodologia aplicada, as causas das emergências indesejadas na EFC tornaram-se conhecidas e a quantidade de eventos foi reduzida.

### 4. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE FREIO DOS TRENS DA EFC

O maquinista dispõe no trem de freios pneumáticos e dinâmico. O sistema pneumático é constituído de freio automático, que aplica freios tanto em vagões quanto em locomotivas, e freio independente apenas para locomotivas.

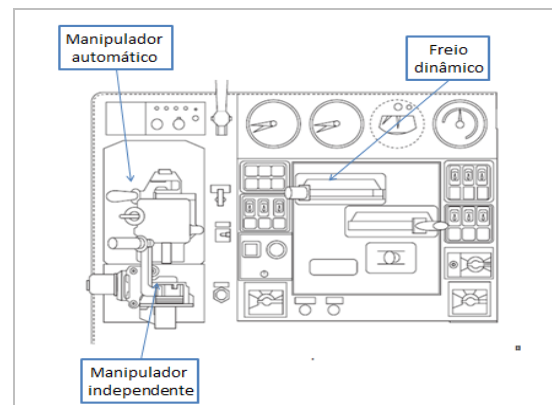


Fig. 1. Esquemático do posto de comando do maquinista. Fonte: [7].

A aplicação do freio automático em todo trem é baseado no princípio de desequilíbrio de pressão. Uma tubulação ao longo de todos os vagões e locomotivas (encanamento geral – EG) é abastecido a uma determinada pressão regulamentada pela ferrovia (90 PSI no caso da EFC); através do EG abastecem-se os reservatórios auxiliar e de emergência de cada vagão deixando os freios completamente aliviados e prontos para uso.

Em cada vagão há um conjunto de válvula de controle com porções de serviço e de emergência. Na EFC, as válvulas de controle instaladas nos vagões são:

- Válvulas ABDW



Fig. 2. Válvula de controle ABDW

- Válvulas ABDX



Fig. 3. Válvula de controle ABDX

- Válvulas DB60



Fig. 4. Válvula de controle DB60

Nas locomotivas, outras válvulas estão instaladas e comandarão o abastecimento e uso dos freios.

A aplicação dos freios é feita retirando-se pressão do encanamento geral que comandará as válvulas de cada vagão por desequilíbrio de pressão. Se esse desequilíbrio acontecer de forma gradual (aplicação mínima, aplicação de serviço, etc), a frenagem do trem ocorrerá normalmente. No entanto, se o desequilíbrio ocorrer de forma brusca, poderá haver a aplicação do freio de emergência. O maquinista pode causar intencionalmente essa aplicação para evitar um acidente ou poderá vir independente de sua vontade quando ocorrer falha no sistema de freio que sensibilize a porção de emergência do sistema de freio.

## 5. EMERGÊNCIAS INDESEJADAS NA EFC

Um bom caminho a ser seguido é sempre buscar conhecer o que já foi estudado em relação ao tema. Que outros cientistas já estudaram e conseguiram indicar possíveis causas e soluções para o mesmo objeto de estudo - “não inventar a roda”.

Nos estudos encontrados no Brasil e no exterior constatou-se que se trata de um fenômeno do qual as ferrovias acabam por conviver em maior ou menor grau. A partir das referências pode-se constatar que se trata de evento com múltiplas causas. Na EFC não seria diferente.

As primeiras leituras possibilitaram tomar ações paleativas imediatas, a exemplo da mudança no padrão operacional que reduziu o uso do freio pneumático na condução de trens vazios, objetivando a redução de impacto na circulação.

O trabalho em campo foi de grande valia para este estudo. Nas oportunidades foram observadas válvulas de freio potencialmente

defeituosas, avaria em componentes e vazamentos. Na oficina de locomotivas, foi possível verificar falha em módulos e em componentes.

Uma característica do evento que causou grande dificuldade foi a intermitência dos eventos, ou seja, um mesmo trem apresentava emergência em viagem, mas nos testes realizados pelo grupo de estudo a resposta na maioria das vezes era de normalidade.

### 5.1. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de 2014, apesar de não conter a totalidade de eventos devido a falta de rigor nos registros, apresentava um crescimento a partir do segundo semestre. Essa tendência de crescimento permaneceu no ano de 2015 atingindo o pico de 27 eventos no mês de Junho.

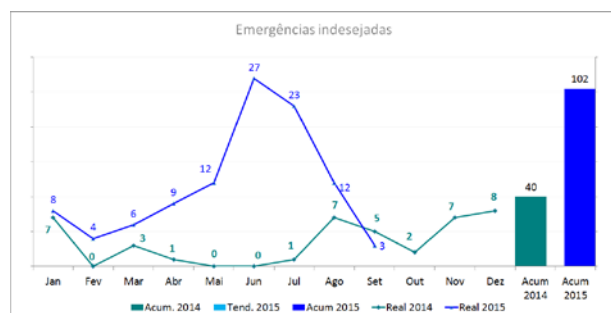


Fig. 5. Ocorrências em 2014 e 2015. Fonte: Sistema UNILOG.

Até dezembro de 2014, as análises apontavam uma predominância das ocorrências em trens vazios. No ano de 2015, houve um crescimento em trens carregados mas não superou a proporção de trens vazios.

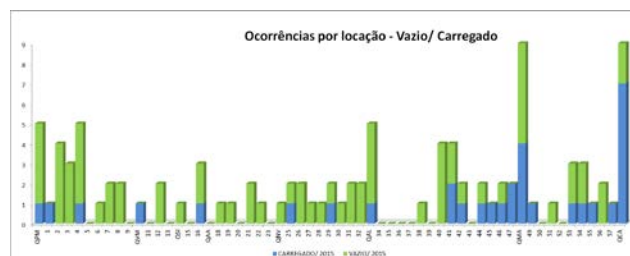


Fig. 6. Gráfico com a estratificação de trens vazio e carregado por locação. Fonte: Sistema UNILOG.

Uma outra verificação realizada foi quanto a formação de tração. Devido a entrada em operação de um novo lote de locomotivas EVOs – ES58ACi que chegaram a partir de fevereiro de 2015. Havia uma desconfiança



mangueira do encanamento geral ao longo de todo o lote de vagões por anéis adaptados com um pedaço de linha de aproximadamente 20 centímetro.

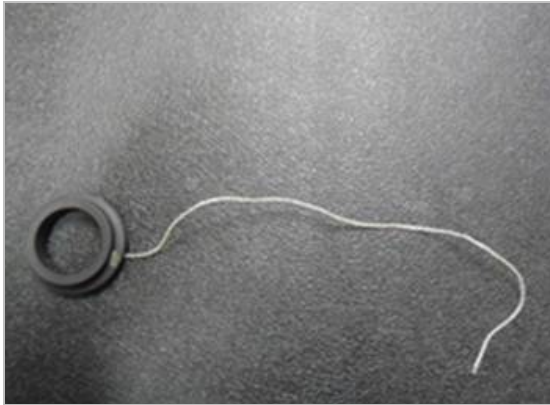


Fig. 9. Anel de vedação adaptado para o *string test*

Essa linha ficará no interior do encanamento e será deslocada pelo fluxo de ar em descarga no momento da emergência, apontando o sentido de origem da emergência.

#### O caso M819

Em uma de nossas experiências, as linhas apontaram conforme ilustração abaixo.

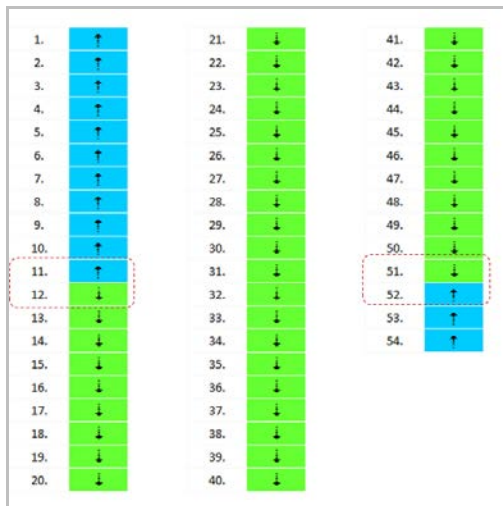


Fig. 10. String test - resultado após emergência

Percebe-se que todas as linhas da posição 1 até a posição 11 apontam na direção da líder. A partir da posição 12 até a posição 51 apontam na direção da cauda do trem. Da posição 52 até a 54 o sentido novamente se inverte para a frente do trem. Na área tracejada destaca-se um ponto de divergência de fluxo e outro de convergência. No ponto de convergência entende-se que foi o ponto que

estava a válvula defeituosa, entre as posições 51 e 52.

As válvulas sinalizadas no *string test* foram identificadas como DB60 nas posições 11, 12 e 51 e ABDW na posição 52. As válvulas foram isoladas na composição e o lote de vagões inseridos em outras formações de trens, tendo como resultado a não reincidência de eventos enquanto isolados. Ao retirar o isolamento das posições 51 e 52 o trem voltou a apresentar emergência.

As válvulas mapeadas foram levadas para teste em bancada onde não se repetiu o fenômeno. Na inspeção detalhada em laboratório não foi identificada anomalia que justificasse as emergências. Contudo, as emergências nesse lote de vagões foi solucionada.

#### O caso do M008

O M008 apresentou diversas emergências indesejadas no dia 21/08/2015, causando transtornos e paralização no tráfego nas operações da EFC. Por outro lado, contribuiu para conhecer a causa das emergências neste trem e ratificar a causa já apontada no M819 do dia 30/07/2015.

Foi realizado o rastreamento de vagões da composição e avaliado quanto a incidência em eventos anteriores. Foi constatado que duas duplas de vagões estavam no M825 do dia 30/07/2015, trem que já recebia acompanhamento do grupo de estudo, e haviam migrado para este M008.

Na primeira emergência ocorrida no km 720, foi solicitado à equipe de socorro que isolasse a primeira dupla mapeada que estava na composição (cuja válvula de controle era do tipo DB 60).

Porém o trem voltou a apresentar emergência no km 390. Desta vez, foi solicitado à equipe de socorro da ferrovia que realizasse o isolamento da segunda dupla (cuja válvula de controle era do tipo ABDW) e retirasse o isolamento da primeira. O resultado foi satisfatório e o trem não voltou a apresentar emergências nessa viagem e nas outras realizadas para observação com esta dupla isolada. Foram realizados outros testes retirando o isolamento e voltava a apresentar emergências.

A dupla de vagões com a válvula ABDW em questão foi levada para a oficina onde passou por testes no *single car* e na bancada. No primeiro método não apresentou emergência mas nos testes de bancada aconteceu de

forma intermitente. Confirmada as emergências no teste de bancada, o passo seguinte foi abrir a válvula para analisar os componentes. Nesta análise, foi constatado que havia esmagamento do diafragma maior da válvula de aplicação acelerada avariado e sujeira no interior da válvula [6].



Fig. 11. Válvula de emergência ABDW desmontada. Fonte: [6]

Após as análises, a válvula passou pelo processo de manutenção e foi reinstalada no mesmo vagão, recebendo acompanhamento do grupo de estudo. Não tendo até o momento reincidência.

## 10. ANOMALIAS ENCONTRADAS

### 10.1. CARACTERÍSTICAS DO FREIO ELETRÔNICO E LOCOTROL

Alguns eventos de emergências ocorreram por características intrínsecas ao próprio sistema de freio eletrônico ou do locotrol, que sob determinadas condições sempre se protegerá aplicando emergência, como exemplo temos as seguintes características que ocasionaram eventos na EFC.

- Por uma característica do freio eletrônico quando ocorre uma queda do reservatório principal abaixo de 90 psi, o sistema se protege aplicando emergência no trem.
- Por uma característica do freio eletrônico quando ocorre uma queda de pressão no encanamento geral abaixo de 45 psi, o sistema se protege aplicando emergência no trem.
- Por uma característica do sistema locotrol, se um lote de vagões estiver em emergência e nesta condição tentar realizar o *link* entre locomotivas líder e remota, o *link* não será concluído e o sistema se protege com emergência.

### 10.2. FALHAS DE EQUIPAMENTO DE BORDO DE LOCOMOTIVAS

Falhas de equipamentos de bordo ocorreram nos módulos EIPM e RIN. Estes módulos realizam a interface entre o freio eletrônico e o locotrol e quando falham podem causar aplicação de emergência. O grupo encontrou três casos de módulo EIPM e um caso de falha em módulo RIN como causadores de emergências indesejadas.

### 10.3. FALHAS EM VÁLVULAS DE LOCOMOTIVAS

Uma falha que foi constatada em válvula de locomotivas, ocorreu na válvula de segurança do reservatório principal. A válvula travou devido a contaminação no seu interior, descarregando a pressão do reservatório para a atmosfera até reduzir a pressão ao limite de segurança já citado como característica do freio eletrônico (90 psi).

O grupo definiu a inspeção e testes mais rigorosos sempre que as locomotivas estiverem envolvidas em algum trem que apresentou emergência.

### 10.4. FALHAS NA OPERAÇÃO

Falhas da operação foram identificadas nos registradores de eventos. São casos verificados neste estudo:

- descumprimento de curva de frenagem – constatada no log do ATC
- erro no cumprimento do procedimento de link do locotrol- constatado no log do locotrol

### 10.5. OUTROS PONTOS DE ATENÇÃO

Durante as inspeções realizadas pelo grupo de estudo foram constatados alguns pontos que requerem atenção, são eles:

- excesso de vazamentos (pela válvula limitadora de serviço, acoplamento de mangueiras, T de ramal, entre outros);
- mangueiras avarias ou torcidas;
- excesso de umidade no vaso de pressão que abastece o teste de single car na oficina de manutenção de Vagões;
- procedimentos de operação em modo de segurança não alinhado com a característica do freio eletrônico;
- multiplicidade de versões de freio eletrônico instaladas nas locomotivas;

- reservatório principal das locomotivas sem periodicidade definida para manutenção;
- rastreamento de válvulas de controle instaladas na frota;
- ajuste do furo do pistão da câmara de ação rápida da válvula DB60.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo confirma as indicações de múltiplas influências nas causas de emergências indesejadas.

Os sistemas embarcados em locomotivas: locotrol e freio eletrônico se acusam, ou seja, é possível assegurar a partir das análises dos registradores se o evento ocorreu em decorrência de falhas de algum desses sistemas.

É possível também identificar as falhas de condução de trens nas análises do registrador da operação e do ATC, nos quais são identificadas falhas que levaram ao evento.

Devido a grande quantidade de vagões existentes na frota da EFC, cerca de 14 mil para transporte de minério, a identificação de falhas nesses ativos é sempre mais complexa para evidenciar. Um único vagão defeituoso pode causar diversas emergências até ser identificado. Contudo, a metodologia utilizada neste trabalho se mostrou eficaz na solução do problema crônico que se instaurou na EFC desde 2014.

## 11. COLABORAÇÃO

Este estudo contou com a colaboração da Engenharia EFC - Anaximenes Palhano, Edilson Pinheiro, Harão Carvalho, Luiz Carvalho e Mauro Bergantinni; da Operação ferroviária - Denio Fonseca, Luiz Soares Paiva, Jailson Pinto, Manoel Maciel, Elias Holanda; Manutenção de Locomotivas - Américo Saraiva e Danilo Rodrigues Santos. Manutenção de Vagões - Marcos Almeida Ramos, Adriano Félix e Giovanni Dias. Manutenção Eletroeletrônica - Hécio Mangueira. Sem a participação ativa de cada uma dessas pessoas, apoiadas por seus respectivos gerentes, o objetivo não seria alcançado.

O grupo de estudo agradece a colaboração do Supervisor de Controle de Pátio de TFFPM – Marcos Vieira Perim que prestou total apoio durante o período de inspeção e testes.

## 12. REFERÊNCIAS

- [1] AAR. Estudo Completo de Aplicação de Freio de Emergência Indesejada - Association of American Railroads Vehicle Systems Track Newsletter. Railway Age, dezembro de 1990
- [2] Costa, J. C. M. da S.; Quais os fatores que influenciam nas aplicações de Emergências Indesejadas na Operação dos Trens da MRS. IME – Instituto Militar de Engenharia. Academia MRS Logística S.A. Rio de Janeiro, 2012
- [3] Ngwenyama, Justice. 6 Years of Operational Experience and Lessons Learnt with the 342 wagon, 42.000 tons, 3.85 km, Radio-Distributed Power (RDP) Trains on South Africa's Iron Ore Line. The First South African Heavy Haul Seminar
- [4] EFVM. Treinamento sobre emergências indesejadas na EFVM. GADFT - Desenvolvimento Técnico Operacional. GEDFT - Gerência Geral de Desenvolvimento e Serviços Técnicos Ferroviários.
- [5] Mendes, A. F.; Pinheiro, E.; Bezerra, C.; Souza, L. A. Giro de PDCA das paradas de trens por emergências indesejadas numa redução mínima. EFC. São Luís, 1996.
- [6] Pinheiro, E. C. Relatório de análise da válvula ABDW. Engenharia e Melhoria Operacional – DILN. Setembro, 2015
- [7] VALE. PRO 003729 – Operação de trens. Departamento de Engenharia e Desenvolvimento.