

CATEGORIA 2

CLIMATOLOGIA APLICADA À SEGURANÇA OPERACIONAL FERROVIÁRIA

INTRODUÇÃO

A demanda logística de transportar maior volume e rapidez bens materiais e pessoas, trazem o setor ferroviário como um dos melhores investimentos para atendimento dessa necessidade. Associado a este cenário de busca de eficiência no escoamento de produção e pessoas via empreendimentos lineares, especificamente ferrovia, surgem desafios tais como estudo de produção, gerenciamento de riscos, gestão de ativos e respectivas manutenções preventivas e corretivas, gestão de saúde, segurança e meio ambiente (SS&MA) e, não menos importante, a gestão de segurança operacional para controle de ocorrências ferroviárias.

Aprofundando-se na temática referente a gestão de segurança operacional, Ribeiro (2011) ao discutir sobre atendimento emergencial em ferrovias, afirma que:

“os acidentes ferroviários são causadores de inúmeros inconvenientes: geram custos de reparação da via e do material rodante danificados; custos de perda de mercadoria em casos de tombamentos de vagões; custos de operação devido ao tempo de interrupção e liberação de tráfego; e, quando ocorridos em regiões metropolitanas, afetam a população local. Essa questão se torna muito mais grave quando os acidentes envolvem produtos perigosos, agressivos aos seres vivos e ao meio ambiente em geral.” (RIBEIRO, 2011, p.1).

Conhecer a causa dos acidentes, aprofundando-se no entendimento das variáveis e respectivo comportamento e/ou padrão para atuar no seu controle é essencial para reduzir frequência e impacto de acidentes tanto pessoais quanto operacionais.

Segundo Ribeiro (2011), um acidente ferroviário pode ter suas causas relacionadas a via permanente, material rodante, operação (falha funcional) e outras. Entre as falhas associadas a via permanente e que possuem maior recorrência durante as estações primavera/ verão, estão as obstruções da via caracterizadas por erosões e rupturas de aterros, queda de barreira e/ ou deslizamentos de terra, inundações, entre outros.

Acrescenta-se ainda que, devido as extensões longitudinais e latitudinais em que o Brasil e as respectivas malhas ferroviárias estão localizadas, as variações ambientais e principalmente climáticas e meteorológicas são de alto impacto na segurança das

operações ferroviárias tanto influenciando no acontecimento de ocorrências ferroviárias quanto no seu respectivo atendimento, à exemplo o tombamento ocorrido no município de Janaúba - MG em novembro de 2017 pela concessionária VLI – Valor de Logística Integrada. Diante dessa temática surgem questionamentos que entre eles se destaca: Como aplicar conhecimento de meteorologia e climatologia para prevenção de ocorrências ferroviárias com causa associada as intempéries climáticas?

Seguindo a lógica exposta, este trabalho teve o objetivo de propor metodologia para monitoramento e alerta de riscos à ocorrências e quase acidentes associados a variáveis meteorológicas e climáticas à fim de traçar estratégias para aumentar a segurança operacional de trens na concessionária VLI e reduzir riscos de acidentes pessoais.

DIAGNÓSTICO

Segundo a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT, 2017), desde 1992 no Brasil foi concedida para a iniciativa privada as malhas da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) e da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), somadas atualmente em 29.075 km de extensão no território nacional. Ainda sobre a extensão e localização das ferrovias no país, segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA (2010) a localização das ferrovias brasileiras acompanha a distribuição dos fluxos econômicos, conectando os centros econômicos de maior dinâmica aos pontos de escoamento e entrada, sendo por isso a maior concentração de malha ferroviária na região Sul, Sudeste e mais recentemente em parte do Norte, Figura 1.

As concessionárias atualmente responsáveis pela operação das malhas ferroviárias conforme ANTT (2017), são Ferrovias Centro-Atlântica S.A. (FCA), MRS Logística S.A., Ferrovias Tereza Cristina S.A., RUMO/ALL – América Latina Logística do Brasil S.A., Companhia Ferroviária do Nordeste e Ferrovias Bandeirantes S.A. Entre essas a FCA, também conhecida como VLI – Valor de Logística Integrada.



Figura 1 - Mapa de Ferrovias do Brasil
Fonte: ANTT, 2019

Conforme a ANTT (2017), é de responsabilidade da VLI, 7.080 km de malha ferroviária sob operação da FCA, e ainda outros 720 km da Ferrovia Norte Sul tramo norte sub-concessionados à VLI totalizando em 7.800 quilômetros de linha distribuídos entre os estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, Maranhão e Tocantins, *Figura 2*.



Figura 2 - Localização FCA e FNS

Fonte: Sistema Integrado de Gestão Ambiental – SIGA VLI, 2019

Para melhor gerenciamento operacional, a VLI divide sua estrutura organizacional em quatro corredores: Centro-Sudeste (CCS), Minas-Bahia (CMB), Minas-Rio (CMR) e Centro-Leste (CCL). A FNS, por sua vez, possui apenas um corredor, o qual é denominado Centro-Norte (CCN). Ainda neste contexto de entendimento da malha ferroviária sob responsabilidade da VLI, por ter extensa distribuição geográfica, a FCA e a FNS

apresentam-se como um desafio para aplicação de metodologias de identificação, prevenção e monitoramento das variáveis meteorológicas associadas a chuvas que são por vezes muito localizadas.

Dessa maneira para atingir o objetivo proposto foram levantados dados de quase acidentes relacionados a causa 'obstrução de via' nos sistemas de registro da VLI para conhecimento do padrão comportamental e histórico.

Para execução dessa tarefa, foi realizado download da base de dados de Quase Acidente do período de 31/12/16 a 27/03/18 (452 dias) no Sistema de Apontamentos de Falhas – SAF e realizado tratamento deste banco de dados através da aplicação de filtros e fórmulas. Neste tratamento foram dispostos os seguintes filtros na seguinte ordem:

- a) Natureza do Grupo: Via Permanente e Incidentes;
- b) Seleção de QA Fuga de Aterro, Obstrução de Via, etc;
- c) Seleção de Responsável por tratar o QA: Via Permanente.

Paralelamente a esta etapa foram realizados download e tratamento da base de dados meteorológica. Esta etapa constituiu-se de:

- a) Solicitação da base para a Funcate/INPE, devido o volume de dados ser alto;
- b) Tratamento do banco de dados;
- c) Organização da coluna de precipitação acumulada;

- d) Elaboração de tabela dinâmica e correlação por meio de fórmulas dos dados meteorológicos e Quase Acidentes;
- e) Definição dos níveis de precipitação (limiar para acontecimento de ocorrências).

E por último, mas não menos importante, foram elaboradas e aplicadas as fórmulas para identificação dos níveis de chuva acumulada em que há risco de rompimento de barreira, fuga de aterro, etc.

Após a aplicação desta metodologia os procedimentos internos sobre ações em caso de chuvas e respectivas tratativas foram alteradas e monitoradas no verão de 2018/2019.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento e tratamento dos dados disponibilizados no SAF, demonstra que houve no período de análise, 91.438 Quase Acidentes registrados distribuídos em 70 tipos de natureza. Para a análise em questão, conforme sinalizado anteriormente foi aplicado o filtro para todos os QAs registrados com natureza de “Fuga de Aterro”, resultando em 171 registros de QA Fuga de Aterro em um período de 452 dias.

Seguindo com a aplicação da metodologia, após tratativa deste banco de dados, e aplicação das fórmulas para simulação e identificação de correlação entre as variáveis

de registro de fuga de aterro e precipitação acumulada, os resultados encontrados foram (Figura 3):

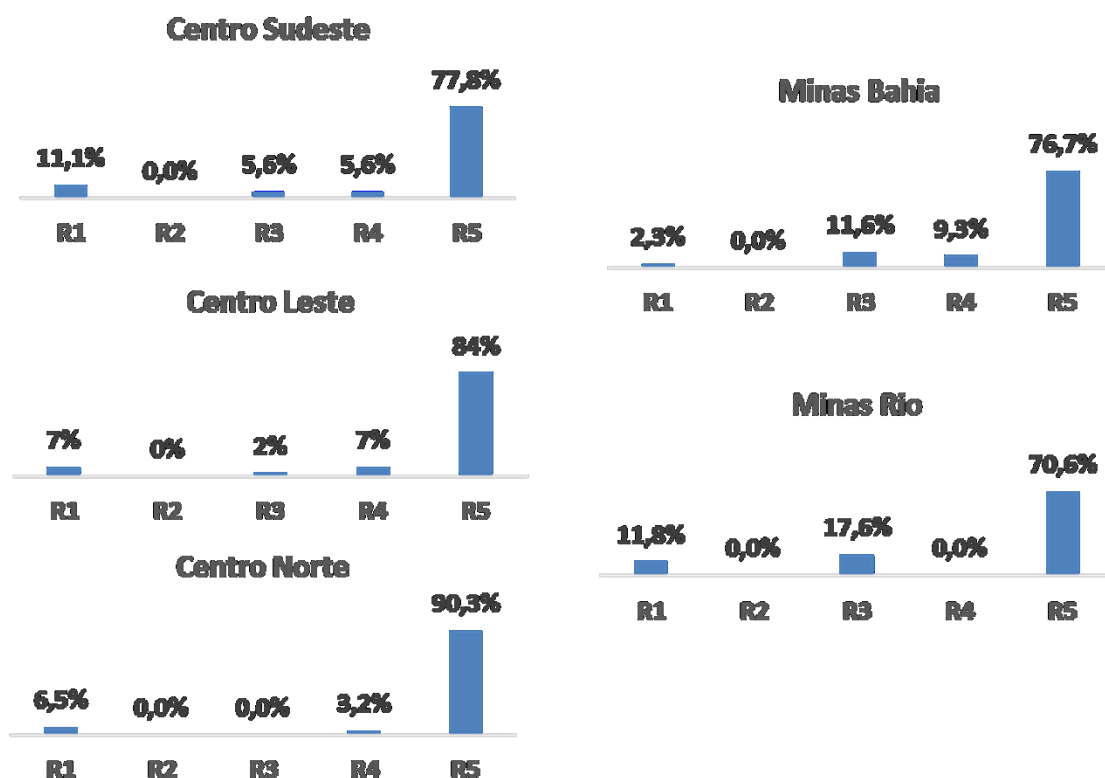


Figura 3 - Resultados Gráficos da Correlação entre precipitação acumulada 10 dias e registro de quase acidente causa fuga de aterro
Fonte: Bárbara Soares, 2019.

Para o Corredor Centro Sudeste em 77,8% dos registros de quase acidentes relacionados a causa obstrução de via, a precipitação acumulada de chuvas encontrava-se na classe definida como R5 (chuva acumulada em 10 dias acima de 250mm). Enquanto a partir do nível R3 e R4 houve também registro, mas em menor porcentagem: 5,6% para ambos, respectivamente. A correlação encontrada em R1 pode ser justificada por haver muitos pontos de solo exposto, ou ainda causas mais profundas tais como condição de

infraestrutura da via, influência de externos (drenagens irregulares), principalmente em área urbana. A discriminação e detalhamento dos fatores que influenciaram nessa discrepância não foram trazidos neste trabalho, devido ao escopo metodológico proposto.

Para o Corredor Centro Leste em 84% dos registros de quase acidentes relacionados a causa obstrução de via, a precipitação acumulada de chuvas encontrava-se na classe definida como R5 (chuva acumulada em 10 dias acima de 250mm). Em menor proporção foram registros fugas nos níveis R1, R3 e R4.

O Corredor Minas Rio e Minas Bahia também seguiram com o padrão comportamental, enquanto o corredor Centro Norte localizado nos estados de Tocantins e Maranhão tiveram correlação de mais de 90%, mesmo tendo configurações de linha distintas dos outros corredores da FCA.

A partir das simulações e dados gráficos, outro resultado que foi obtido é a 'Matriz de R', Figura 4, em que foi estabelecido um máximo de chuvas previstas e observadas (em

10 dias seguidos) para execução de ações e emissão de avisos meteorológicos com risco para a operação ferroviária.

			Precipitação Prevista Acumulada em 12h				
Precipitação Acumulada mm em 10 dias	Minima	Máxima	40	60	80	100	101
	75	84	115	135	155	175	176
	85	99	125	145	165	185	186
	100	109	140	160	180	200	201
	110	119	150	170	190	210	211
	120	129	160	180	200	220	221
	130	139	170	190	210	230	231
	140	149	180	200	220	240	241
	150	159	190	210	230	250	251
	160	169	200	220	240	260	261
	170	179	210	230	250	270	270
	180	189	220	240	260	280	281
	190	199	230	250	270	290	291
	200		240	260	280	300	301

Figura 4 - Matriz R

Fonte: Bárbara Soares, 2019.

A matriz é resultado do cruzamento de dados entre precipitação acumulada em 10 dias seguidos com o previsto para ocorrer nas próximas 12 horas, o que traz para os usuários o dimensionamento da exposição ao risco de quase acidentes e ocorrências por contribuição de chuvas e respectivas consequências (saturação de água no solo, capacidade de infiltração reduzida, etc).

Após a aplicação da metodologia e revisão de procedimentos internos a operação ferroviária VLI, para a primavera - verão de 2018/2019, período que se estendeu de setembro a março, observou-se aderência da matriz R criada com o registro de ocorrências ferroviárias no período (Figura 5).



Figura 5 - Análise Ocorrências Ferroviárias e Precipitação Média Mensal observada

Fonte: Bárbara Soares, 2019.

CONCLUSÕES

Devido a extensão territorial das ferrovias, principalmente FCA e FNS, realizar o diagnóstico e o monitoramento meteorológico – climático é um desafio.

Para obter resultados realistas e condizentes com o executado na operação, avaliou-se os cenários e possibilidades a partir das etapas: pesquisa de referencial teórico inerente ao tema, realização de pesquisa bibliográfica, levantamento histórico e análise de métodos e fluxos implantados durante o período sinalizado, avaliação dos registros de

quase acidentes (QA) e ocorrências ferroviárias (OF) e correlação com índices pluviométricos.

Os gráficos apresentados mostram a correlação dos dias em que ocorreram fugas de aterro e a correspondência com o nível R (%). O estudo também baseia os níveis de R definidos no procedimento de ações em caso de chuvas. Dessa forma, conclui-se que em mais de 70% dos QAs de fuga de aterro a precipitação acumulada se encaixava em R5.

Dentre outros resultados obtidos, tem-se a implantação de uma nova metodologia na aplicação da Climatologia para Segurança Operacional Ferroviária, a utilização das ferramentas e *report* frequente sobre o processo pelas áreas de base e liderança.

Observou-se que o envolvimento das áreas técnicas e impactadas foi essencial para o desenvolvimento dos fluxos e implantação do processo. Além disso, houve redução no registro de ocorrências graves associados a fatores meteorológico - climáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTT, Agência Nacional de Transporte Terrestre. Ferrovias: Concessões Ferroviárias.

Disponível em:

<http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Concessoes_Ferrovias.html>. Acesso

em 23 jun. 2019.

RIBEIRO, Guilherme Vilela. Uma contribuição metodológica ao atendimento emergencial em ferrovias [dissertação]. Florianópolis, SC, 2011. 256 p. Dissertação

(mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em:<

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95131/290875.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 20 jun. 2019.

MACHADO, Luiz Kennedy Cruz. Estrutura e dinâmica do sistema logístico sobre trilhos:

o caso da VLI. Lavras: UFLA, 2016. 147 p.: il. Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11057/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Estrutura%20e%20din%C3%A2mica%20do%20sistema%20log%C3%ADstico%20sobre%20trilhos%20o%20caso%20da%20VLI.pdf> Acesso em 21 jun. 2019.

ANTT, Agência Nacional de Transporte Terrestre. Ferrovias: Mapa do Subsistema

Ferroviário Federal. Disponível em:

http://antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Mapa_do_Subsistema_Ferroviario_Federal.htm

> . Acesso em 23 jun. 2019.

ANEXO I – Memória de Cálculo



Climatologia
VLI.xlsx