

## 11 ANÁLISE DE RISCO

Este Capítulo traz o Estudo de Análise de Risco (EAR) da implantação e operação da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.

### 11.1 Objetivos

- Apresentar a construção de cenários de riscos mostrando os possíveis impactos na área de influência direta e indireta do empreendimento
- Identificar os impactos à população na área direta e indireta afetada pelo empreendimento durante a construção e a operação
- Listar todos os modos e sequência de acidentes concebíveis no funcionamento do empreendimento (identificação de ameaças)
- Apresentar em gráficos e tabelas espaços de 30 anos os tipos de acidentes que ocorreram em empreendimentos semelhantes, e quais causas e consequências para a população humana e para o meio ambiente
- Apresentar qual a amplitude dos riscos/ameaças na área de abrangência do empreendimento no pior cenário de riscos
- Identificar uma gama ampla de alternativas para administrar o risco, incluindo o monitoramento e outros métodos não estruturais.
- Medidas de prevenção de acidentes e medidas de emergência para o caso da ocorrência destes (incluindo a comunicação dos riscos de acidentes à população a eles potencialmente exposta) e ainda de compensação dos danos prognosticados.
- Descrição das medidas de recuperação e de descontaminação na hipótese de áreas contaminadas
- Descrever cenários de risco considerando o uso de desmonte de rochas com explosivos, a existência de grutas, cavernas e outras estruturas que podem ser afetadas com o uso destes materiais

### 11.2 Metodologia

Todas as fases do ciclo de vida do empreendimento devem ser submetidas a técnicas de identificação de perigos e riscos. Em cada fase do ciclo de vida do empreendimento deve ser avaliada a conveniência de aplicação das técnicas de análise de risco. O escopo e a profundidade dos estudos que devem ser realizados dependem das condições específicas de cada empreendimento.

Esse capítulo descreve a metodologia utilizada para a identificação dos perigos e avaliação de risco da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso, para elaboração do Programa de Gestão Ambiental: Gerenciamento de Riscos e Gestão de Emergências.

A metodologia do trabalho foi ampliada no seu escopo, pois a P4.261 aplica-se à Risco de Acidente de Origem Tecnológica indicando os Método para decisão e termos de referência. Essa norma é composta por quatro partes, na qual a primeira prescreve o método de tomada de decisão quanto à



necessidade de apresentação de Estudo de Análise de Risco e de Programa de Gestão Ambiental: Gerenciamento de Riscos e Gestão de Emergências (PGA-GR/GE) para empreendimentos potencialmente geradores de acidentes. As partes II e III apresentam os termos de referência para a elaboração de Estudos de Análise de Risco para empreendimentos pontuais e dutos, respectivamente, além dos critérios de tolerabilidade com os quais o risco estimado será comparado. A parte IV traz o termo de referência para a elaboração de Programa de Gestão Ambiental: Gerenciamento de Riscos e Gestão de Emergências (PGA-GR/GE). Nesse estudo foi utilizado o termo de referência III e IV com as devidas inserções complementares de outros métodos de Análises de Risco e Gerenciamento Ambiental.

No processo de identificação de riscos foram incluídos a detecção das causas, fontes, eventos, situações ou circunstâncias que poderiam ter um impacto material sobre os objetivos da atividade, bem como a natureza desse impacto.

De acordo com a ABNT NBR 31000/2018, a identificação de riscos pode envolver dados históricos, análises teóricas, opiniões de pessoas informadas e especialistas, e as necessidades das partes interessadas. Nesse sentido, foi estruturado neste estudo uma Análise Histórica à obtenção de maiores informações sobre acidentes envolvendo o modal ferroviário.

Várias técnicas de apoio podem ser utilizadas para melhorar os resultados requeridos em uma identificação de riscos. A seleção dos critérios a serem utilizados varia em função do tipo, estágio e informações a respeito de determinada atividade, tendo sido estes os fatores avaliados à seleção das técnicas aplicadas neste estudo.

Para as atividades que caracterizam o EAR da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso foi realizada a Identificação dos Perigos (APP) com base nas hipóteses acidentais e Análise Preliminar de Risco (APR) utilizando como referência as normas NR 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, Petrobras N-2782 (2010).

As análises das normas supracitadas e demais determinações da legislação existente e/ou normas de referência foram comparadas e implementadas as informações que foram descritos na Rumo Malha Norte S.A.

Todas as atividades foram avaliadas, identificando os riscos, o tipo de evento perigoso ou exposição, o tipo de situação de operação a que se refere o perigo, os prováveis danos, os gerenciamentos previstos, sua severidade, a frequência, a categoria de risco e a prioridade de tratativa.

A priorização de tratativas dos riscos foi definida pelo cruzamento das informações de Severidade das Consequências, Frequência e Categoria de Risco.

A avaliação de risco preconizada nesta sistemática está baseada nos conceitos de Severidade do dano ocasionado ao meio ambiente e a comunidade externa e pela Severidade do tipo de lesão que podem ser causadas pelo evento ou exposição e da probabilidade de ocorrência destes, sendo a Severidade extraída da relação entre consequência e magnitude do dano.

### 11.2.1 Análise Preliminar de Perigo (APP) e Análise Preliminar de Riscos (APR)

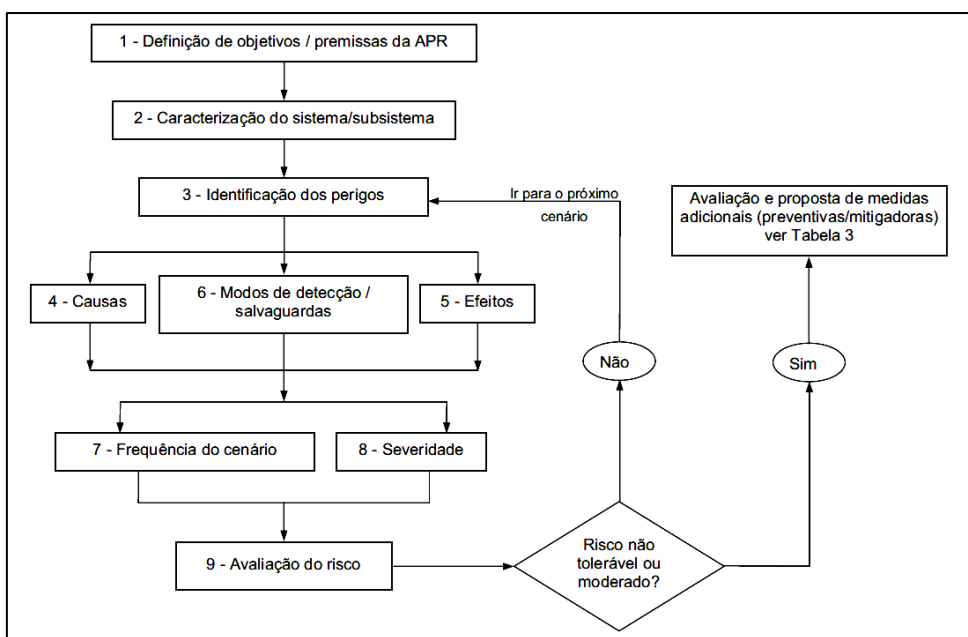
A APP foi desenvolvida pelo programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos Estados Unidos e permite realizar análise crítica dos sistemas de segurança existentes e a identificação das possíveis hipóteses acidentais. Conforme descrito na P4.261 (CETESB, 2011) a técnica de Análise Preliminar de Perigos (APP), do inglês *Preliminary Hazard Analysis* (PHA) tem por objetivo identificar as ocorrências perigosas cujas falhas têm origem na instalação analisada, considerando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, instrumentos e de materiais, quanto os erros de origem antrópica.

Da mesma forma, a Análise Preliminar de Riscos (APR) é uma técnica indutiva estruturada para identificar os principais perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, avaliar qualitativamente seus riscos, analisar as salvaguardas existentes e propor medidas adicionais (PETROBRAS, N-2782, 2010).

Esta técnica pode ser utilizada em instalações na fase inicial de desenvolvimento, nas etapas de projeto ou mesmo em unidades em operação, permitindo, nesse caso, a realização de uma revisão dos aspectos de segurança existentes.

Na APP e APR devem ser identificados os eventos perigosos, as causas e os efeitos (consequências), a probabilidade/frequência, as categorias de severidade correspondentes, cujas falhas tenham origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos, bem como as observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados. A Figura 11.1 mostra fluxograma com as etapas de aplicação da APR e a Tabela 11.1 mostra o modelo da planilha da APR utilizada para realizar a identificação dos perigos das hipóteses acidentais e avaliação dos riscos por atividade de maior significância.

Figura 11.1. Matriz de Tolerabilidade de Riscos



Fonte: Petrobras (2010).

Handwritten signatures and initials in blue ink, including names like "Michale Japime" and "Eduardo".



Tabela 11.1. Análise Preliminar de Perigo (APP)

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)										
PERIGO	CAUSAS	EFEITOS	F	AVALIAÇÃO DO RISCO						RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES
				P		I		MA		
				S	CR	S	CR	S	CR	

Legenda: F = Frequência; P = Pessoas; I = Instalações; MA = Meio Ambiente; S = Severidade; CR = Categoria de Riscos.

Onde:

- PERIGO: hipótese acidental.
- CAUSA: situação que determina um acontecimento ou um resultado responsável pelo perigo e pode envolver falhas de equipamentos como falha humana.
- EFEITO: possíveis danos sobre pessoas, meio ambiente, instalações.
- FREQUÊNCIA (F): avaliação da frequência do cenário acidental.
- SEVERIDADE (S): nível de dano que o aspecto de perigo pode promover atribuído aos possíveis efeitos para o cenário analisado, em relação à segurança pessoal, instalações e meio ambiente.
- CATEGORIA DE RISCOS (CR): resultantes da combinação da frequência com a severidade do cenário analisado.
- OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES: Medidas propostas para prevenir a ocorrência do evento adverso acidental ou mitigar suas consequências, bem como, recomendações para o gerenciamento dos riscos.

### 11.2.2 Procedimento para identificação dos aspectos de risco

Para determinar as Categorias de Riscos (CR) foi utilizada a Matriz de Tolerabilidade de Riscos da norma Petrobras N-2782 (2010) conforme apresentado na 0.

Figura 11.2. Matriz de Tolerabilidade de Riscos

					Categorias de Frequência					
			Descrição / características			A	B	C	D	E
			Pessoas	Patrimônio / continuidade operacional	Meio ambiente	Extremamente remota	Remota	Pouco provável	Possível	Frequente
						Conceitualmente possível, mas sem referências na indústria	Não esperado ocorrer, apesar de haver referências em instalações similares na indústria	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil de um conjunto de unidades similares	Possível de ocorrer uma vez durante a vida útil da instalação	Possível de ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação
Categorias de Severidade das Consequências	V	Catastrófica	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros ver nota 1	Danos catastróficos podendo levar à perda da instalação industrial	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais	M	M	NT	NT	NT
	IV	Crítica	Fatalidade intramuros ou lesões graves extramuros ver nota 2	Danos severos a sistemas (reparação lenta)	Danos severos com efeito localizado	T	M	M	NT	NT
	III	Média	Lesões graves intramuros ou lesões leves extramuros	Danos moderados a sistemas	Danos moderados	T	T	M	M	NT
	II	Marginal	Lesões leves	Danos leves a sistemas / equipamentos	Danos leves	T	T	T	M	M
	I	Desprezível	Sem lesões ou no máximo casos de primeiros socorros	Danos leves a equipamentos sem comprometimento da continuidade operacional	Danos insignificantes	T	T	T	T	M

Fonte: Petrobras (2010).

NOTA 1: O cenário catastrófico para risco às pessoas compreende acidentes de largas proporções com potencial de atingir um número maior de pessoas, inclusive, pessoas da força de trabalho que não necessariamente tenham uma relação direta com o evento de acidente analisado.

NOTA 2: Processo, com potencial de atingir um número restrito de pessoas (em torno de 3), normalmente, ligadas a uma tarefa específica e relacionadas ao cenário de acidente.

As categorias de frequência visam permitir uma avaliação da frequência do cenário acidental, a qual deve ser estimada considerando a atuação das salvaguardas preventivas existentes ou previstas em projeto.

As categorias de severidade visam permitir uma avaliação da magnitude das consequências dos efeitos físicos de interesse (sobrepessão, concentração tóxica, radiação térmica). Algumas salvaguardas mitigadoras existentes ou previstas em projeto podem ser consideradas na classificação da severidade do cenário acidental.

*Handwritten signatures and initials:*  
 ...  
 ...  
 ...  
 ...



A descrição dos níveis de controle em função da categoria de riscos e a determinação de prioridades para as recomendações geradas estão descritas na Figura 11.3

Figura 11.3. Categorias de Risco, Nível de Controle Necessário e determinação de prioridades

<b>Categoria do Risco</b>	<b>Nível de Aceitabilidade da Categoria de Risco</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Descrição do nível de controle necessário</b>
<b>Tolerável (T)</b>	<b>Aceitável</b>	<b>III</b>	Nenhum controle adicional é necessário. Pode-se considerar, dentro do conceito de melhoria contínua, uma solução mais econômica ou o aperfeiçoamento, que não imponha custos extras. O monitoramento / medição das medidas de controle é necessário para assegurar os seus desempenhos e eficácias.
<b>Moderado (M)</b>	<b>Aceitável</b>	<b>II</b>	Como parte da melhoria contínua, ações adicionais devem ser adotadas para reduzir a probabilidade de ocorrência ou a severidade das consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude (região ALARP – “As Low As Reasonably Practicable”), sendo que o requisito investimento em prevenção deve ser analisado em termos de custo-benefício. As medidas adicionais de redução de riscos devem ser implementadas dentro de um período de tempo definido, por exemplo, através de Objetivos e Metas.
<b>Não Tolerável (NT)</b>	<b>Não Aceitável</b>	<b>I</b>	Os controles existentes são insuficientes. A atividade não deve ser iniciada até que ações de mitigação tenham sido implantadas e as medidas de controle / gerenciamentos tenham sido definidas para trazer os riscos para regiões de menor magnitude (regiões ALARP ou Aceitável). Recursos essenciais devem ser alocados para garantir essa redução do risco.

Fonte: Petrobras (2010).

### 11.2.3 Análise de vulnerabilidades

Para análise das vulnerabilidades foram utilizados os modelos conceituais e matemáticos do software ALOHA® (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*).

ALOHA® foi desenvolvido pela Divisão de Resposta de Emergência (ERD) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), em colaboração com o Gabinete de Gerenciamento de Emergências da Agência de Proteção Ambiental (EPA). Seu objetivo principal é fornecer subsídios para resposta às emergências, por meio das estimativas da extensão espacial dos riscos associados ao vazamento de gases tóxicos e inflamáveis.

#### 11.2.3.1 Área vulnerável a nuvem de vapor tóxico

Área prevista onde a concentração de vapor tóxico ao nível do solo pode ser perigosa. Os efeitos causados por uma nuvem de gás tóxico sobre as pessoas dependem do tipo de gás, da concentração desse gás e do tempo que as pessoas ficam expostas.

Ao modelar uma liberação de produto químico tóxico o ALOHA determina três camadas de Níveis de Preocupação Tóxica (LOCs). O software ALOHA usa seus LOCs e outras informações de cenário para

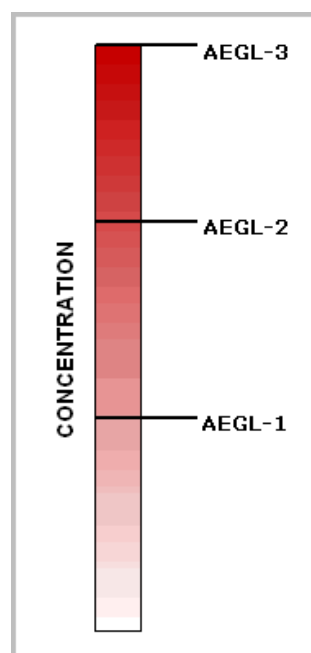
gerar uma estimativa de zona de ameaça onde as zonas vermelha, laranja e amarela indicam áreas onde os LOCs foram excedidos em algum ponto após o início da liberação de produto químico. A zona vermelha indica o LOC mais perigoso escolhido, como o AEGL-3.

Os AEGLs (Níveis de Diretriz de Exposição Aguda) são diretrizes de exposição pública com três níveis de valores de exposição (AEGL-1, AEGL-2 e AEGL-3). O gradiente de concentração AEGL estimam as concentrações nas quais a maioria das pessoas - incluindo indivíduos sensíveis, como idosos, doentes ou muito jovens - começarão a sentir efeitos na saúde se forem expostos a um produto químico perigoso por um determinado período (duração). Para uma determinada duração de exposição, um produto químico pode ter até três valores AEGL, cada um correspondendo a um nível específico de efeitos na saúde. As três camadas AEGL são definidas da seguinte forma (ALOHA, 2021):

AEGL-3 é a concentração aerotransportada, expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por metro cúbico ( $\text{mg} / \text{m}^3$ ), de uma substância acima da qual se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, podem potencialmente sofrer de efeitos fatais ou até mesmo morte.

AEGL-2 é a concentração no ar (expressa como ppm ou  $\text{mg} / \text{m}^3$ ) de uma substância acima da qual está previsto que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, pode experimentar efeitos adversos à saúde sendo esses irreversíveis ou outros graves e duradouros ou efeitos incapacitantes.

AEGL-1 é a concentração no ar (expressa como ppm ou  $\text{mg} / \text{m}^3$ ) de uma substância acima da qual se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, pode sentir desconforto notável, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos. No entanto, os efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após cessar da exposição.



Em maneira resumida, os cálculos utilizados para determinar a área de vulnerabilidade ocorrem pela interpolação entre os pontos de dados usando uma interpolação linear logarítmica de pressão e do inverso da temperatura. Fórmulas de densidade do líquido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), a capacidade de calor líquido ( $\text{J} / \text{kg K}$ ), e o calor de vaporização ( $\text{J} / \text{kg}$ ) foram desenvolvidos pela montagem de dados tabelados de uma equação polinomial de forma:

$$\text{Valor} = C1 + C2 \times \text{Temperatura} + C3 \times \text{massa da substância} + C4 \times (\text{massa da substância})^2$$

Os resultados são apresentados na forma de gráficos que indicam a direção dos ventos e projeta a área de risco para as populações humanas associadas com os perigos ao qual estão expostas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a representação gráfica de um cenário de nuvem de vapor tóxico usando as diretrizes de exposição pública padrão com seus LOCs tóxicos (AEGL [ppm]). As zonas de ameaça vermelha, laranja e amarela indicam as áreas onde a

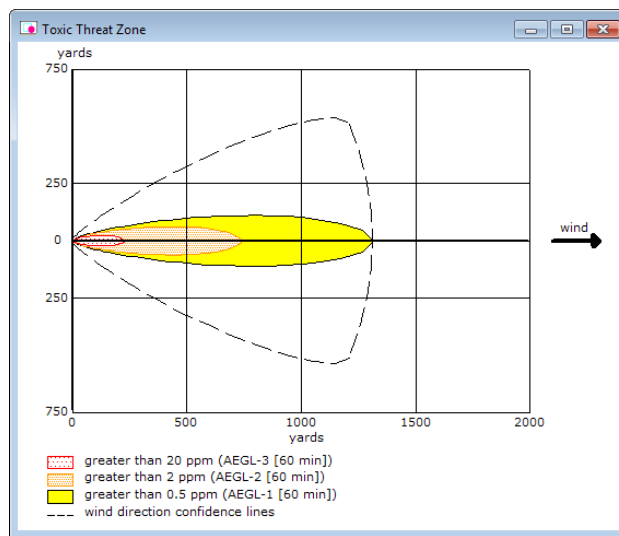
*Handwritten signatures and notes:*  
 ..  
 nicholasjapimes  
 [Signature]  
 [Signature]  
 [Signature]



concentração de poluentes ao nível do solo está prevista para exceder a LOC correspondente em algum momento na primeira hora após o início da liberação. Os valores AEGL-3 são usados para as zonas de ameaça mais perigosas (vermelhas), porque representam a concentração limite acima da qual os efeitos à saúde podem ser fatais.

De acordo Thomas *et al.* (2006), ALOHA representa um dos programas mais detalhado comparado a outros às análises de cenários e foi aplicado em diversos estudos e por agências públicas em todo o mundo (EGIC, 2014, SHAO; DUAN, 2012; TSENG; SU; KUO, 2012; U.S. DOE, 2004).

Figura 11.4. Representação da modelagem de nuvem de vapor tóxico



Fonte: ALOHA® (2021).

### 11.2.3.2 Área vulnerável a radiação térmica

As áreas vulneráveis devido à ocorrência de jato de fogo, incêndio em poça ou bola de fogo ficam delimitadas pelas linhas de isofluxo térmico correspondente aos níveis de fluxo térmico de interesse.

Para classificação das substâncias inflamáveis e das principais substâncias tóxicas foi utilizado os parâmetros estabelecidos pela Norma técnica P4.261 da CETESB (NT P4.261, 2011). Para as substâncias com nível de Inflamabilidade 4, com pressões de vapor superior a 120 mmHg a 25°C, são realizadas estimativas de consequências que visam indicar a distância máxima atingida pela sobrepressão decorrente da explosão de nuvem de vapor. Para os níveis de Inflamabilidade 3, que possuem pressão de vapor igual ou inferior a 120 mmHg a 25°C, as estimativas de consequências são utilizadas para estabelecer a distância máxima atingida pela concentração correspondente à metade do Limite Inferior de Inflamabilidade (L.I.I.).

#### 11.2.3.2.1 Área de risco para inflamabilidade

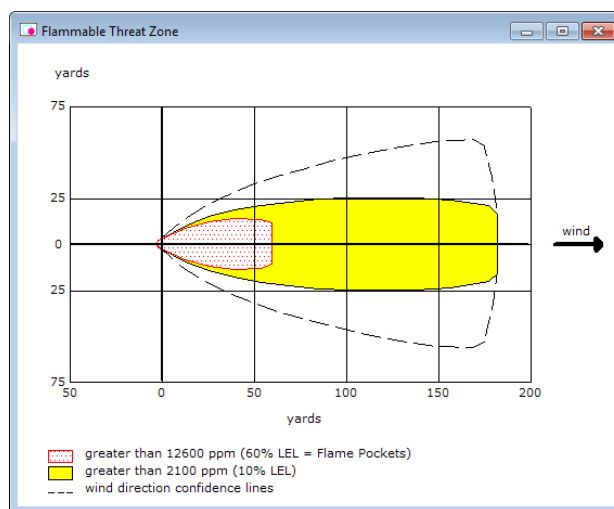
A área inflamável é a parte de uma nuvem de vapor onde a concentração está na faixa de inflamáveis, entre os Limites Explosivos Inferior e Superior (LEL e UEL), também conhecidos como



Limites de Inflamabilidade Inferior e Superior. Esses limites são porcentagens que representam a concentração do combustível (ou seja, o vapor químico) no ar. Se o vapor químico entrar em contato com uma fonte de ignição (como uma faísca), ele queimará apenas se sua concentração de ar-combustível estiver entre o LEL e o UEL. Um nível de preocupação inflamável (LOC) é uma concentração limite de combustível no ar acima da qual pode existir um risco de inflamabilidade, neste caso, a nuvem pode pegar fogo e queimar rapidamente no que é chamado de *flash*. O ALOHA® não modela incêndios em *flash*, mas estima a área inflamável da nuvem de vapor, ou seja, a área onde um *flash* pode ocorrer em algum momento após o início do lançamento. Os perigos potenciais associados ao fogo instantâneo incluem radiação térmica, fumaça e subprodutos tóxicos do fogo.

Na modelagem, quando é analisado a liberação de um produto químico que pode pegar fogo, mas que não está queimando no momento, o ALOHA prevê a área inflamável da nuvem de vapor para que sejam avaliados os riscos de inflamabilidade. A Figura 11.5 mostra a representação gráfica da modelagem da área de inflamabilidade, onde, as zonas de ameaça vermelha e amarela indicam áreas onde a concentração de ar-combustível está prevista para exceder o LOC em algum momento após o início de uma liberação; no entanto, a área vermelha é a área mais perigosa, onde podem ocorrer bolsões de chamas.

Figura 11.5. Representação da modelagem da área de inflamabilidade



Fonte: ALOHA® (2021).

O tamanho e a posição da nuvem de vapor inflamável dependem - em parte - do tempo transcorrido entre o momento em que o produto químico é liberado e o momento em que ele se inflama. Esse atraso é chamado de tempo de ignição (período que a nuvem se mistura com o ar ao seu redor e se dilui em concentração). A quantidade de nuvem de vapor que está entre os Limites Explosivos Inferior e Superior (LEL e UEL) dependerá do tempo de ignição.

Neste EAR o cenário escolhido foi o tempo de ignição desconhecido. Nesta condição o ALOHA executa cenários de explosão para uma gama de tempos de ignição que abrange todos os tempos de ignição possíveis para este cenário. O ALOHA obtém os resultados de todos esses cenários e os combina em uma única imagem de zona de ameaça. A zona de ameaça, neste caso, não representa a

*Machado*  
*Paulo*  
*João*  
*João*

área de explosão de uma única explosão, mas sim a composição de áreas de explosão em potencial para todos os diferentes cenários de tempo de ignição que ALOHA executou.

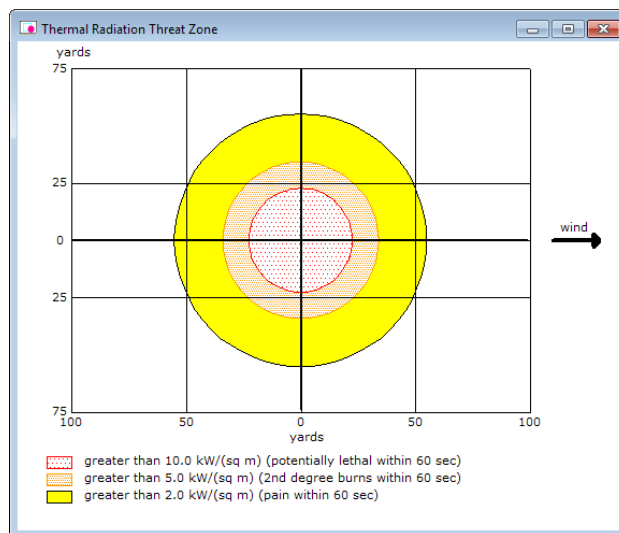
### 11.2.3.2.2 Área de risco para radiação térmica

O nível de preocupação de radiação térmica (LOC) mede a ameaça associada a emissões que estão em chamas; uma radiação térmica LOC padrão é um nível de limiar de radiação térmica (calor) quando se modela um cenário de incêndio em poça, jato de fogo ou BLEVE. Os efeitos da radiação térmica que as pessoas experimentam dependem do período em que ficam expostas a um determinado nível de radiação térmica. Durações de exposição mais longas, mesmo em um nível de radiação térmica mais baixo, podem produzir efeitos fisiológicos graves. As zonas de ameaça apresentados pelo ALOHA representam os níveis de radiação térmica com valores em quilowatts por metro quadrado (kW/m<sup>2</sup>):

- 10 kW / m<sup>2</sup> (potencialmente letal em 60 segundos)
- 5 kW / m<sup>2</sup> (queimaduras de segundo grau em 60 segundos)
- 2 kW / m<sup>2</sup> (dor em 60 segundos)

A modelagem de um cenário de incêndio em poça usando os LOCs padrão (kW/m<sup>2</sup>) estima a zona de ameaça, conforme é apresentado na Figura 11.6. As zonas de ameaça vermelha, laranja e amarela indicam as áreas onde a radiação térmica está prevista para exceder o LOC correspondente em algum momento na hora após o início da liberação.

Figura 11.6. Representação da modelagem da área de radiação térmica



*Handwritten signature*

Fonte: ALOHA (2021).

### 11.2.3.3 Área vulnerável a explosões

Para determinar a área vulnerável à explosão de nuvem não confinada devido à liberação de substância inflamável considera-se a massa da substância liberada que está entre o limite inferior e superior de Inflamabilidade.

### 11.2.3.3.1 Risco de sobrepressão (explosão da nuvem de vapor)

O nível de preocupação de sobrepressão (LOC) é um nível de limite de pressão de uma onda de choque, geralmente a pressão acima da qual um perigo pode existir. A sobrepressão é modelada em um cenário em que haja a explosão de nuvem de vapor. O ALOHA não modela a ameaça de fragmentos perigosos, que podem viajar muito além das zonas de ameaça de sobrepressão previstas.

Para os casos de sobrepressão decorrentes de explosões foi adotado valores de 1 e 8 psi. Para sobrepressões decorrentes de explosões, as distâncias ao local do vazamento com sobrepressão acima de 6 psi foi considerado a probabilidade de fatalidade de 75%. Para a região de sobrepressão entre 2 e 5 psi, foi adotado a probabilidade de fatalidade de 25% (ALOHA, 2021). A Tabela 11.2 apresenta os valores de sobrepressão, os danos esperados e níveis de alerta.

Tabela 11.2. Sobrepressão e danos esperados decorrentes de explosões

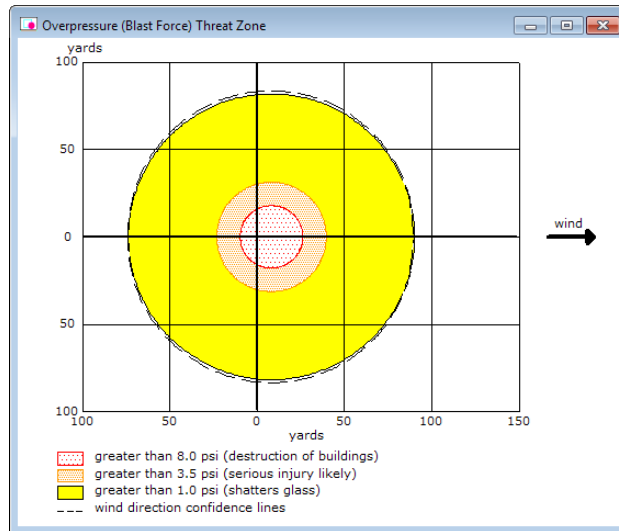
SOBREPRESSÃO (PSI)	DANOS ESPERADOS	FATALIDADE (%)	NÍVEL DE ALERTA
1	Demolição parcial de casas (paredes, portas, telhados, vidros)	1	Amarelo
3,5	50% de destruição da alvenaria doméstica. Edifícios de estrutura de aço distorcidos e afastados da fundação.	25	Laranja
8	Tombamento de vagões carregados, destruição quase completa de prédios e equipamentos.	75	Vermelho

Nas áreas vulneráveis à explosão de nuvem não confinada, devido à liberação de substância inflamável, foi considerada a massa da substância liberada que está entre o Limite Inferior e Superior de Inflamabilidade.

A modelagem de um cenário de explosão de nuvem de vapor usando os LOCs padrão (psi), estima à zona de ameaça conforme é apresentado na 0. As zonas de ameaça vermelha, laranja e amarela indicam as áreas onde a sobrepressão está prevista para exceder o LOC correspondente em algum momento, no intervalo de 1h, após o início da liberação. Nesta imagem da zona de ameaça, a interseção das linhas pretas escuras indica a localização da liberação do produto químico. No entanto, as zonas circulares de ameaça não estão centradas nessa origem, porque a nuvem de vapor viajou a favor do vento cerca de 10 metros antes de explodir.

  
 ..  
 nicholasjapine  
  
  


Figura 11.7. Representação da modelagem da área de sobrepressão (explosão da nuvem de vapor)



Fonte: ALOHA (2021).

### 11.2.3.3.2 Risco de BLEVE (explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulição)

Quando um tanque contendo um gás liquefeito falha completamente, pode ocorrer um BLEVE. Parte do produto químico liberado queimar em uma bola de fogo, enquanto o restante formará uma poça. A quantidade de substância química envolvida na bola de fogo e / ou no incêndio em poça dependerá das condições no momento da liberação. Embora gases liquefeitos inflamáveis e não inflamáveis possam estar envolvidos em um BLEVE, o ALOHA modela apenas BLEVEs para líquidos inflamáveis.

Um cenário de BLEVE comum acontece quando um recipiente de gás liquefeito é aquecido pelo fogo, aumentando a pressão dentro do recipiente até que o tanque se rompa e falhe. Quando o recipiente falha, o produto químico é liberado em uma explosão, sendo que se a temperatura estiver acima do ponto de ebulição do produto quando o recipiente romper, parte ou todo o líquido irá ferver rapidamente, isto é, instantaneamente se tornará um gás, e líquido inflamável formará uma nuvem de gás em chamas chamada bola de fogo. Na modelagem, o ALOHA assume que qualquer quantidade de líquido não consumido na bola de fogo formará um incêndio em poça.

O ALOHA estima o perigo de radiação térmica de uma bola de fogo e/ou um incêndio em poça. Outros perigos potenciais do BLEVE incluem sobrepressão, fragmentos perigosos, fumaça e subprodutos tóxicos do fogo (embora o ALOHA não modele esses perigos). ALOHA foca na radiação térmica porque, na maioria dos BLEVEs, a radiação térmica impacta uma área maior do que a sobrepressão e é a ameaça mais significativa.

Na modelagem do BLEVE, assume-se que uma bola de fogo se formará. Este é pior cenário que pode ocorrer em um incêndio com líquido inflamável. A bola de fogo é composta pelo produto químico que ferve quando o tanque rompe e pelo produto químico que é espalhado como um aerossol durante a explosão. Desta forma, o ALOHA estima que a quantidade de substância química na bola de fogo é três vezes a quantidade de substância química em ebulição.

Qualquer líquido que não participe da bola de fogo formará uma piscina de fogo. Quando você opta por modelar uma situação BLEVE no ALOHA, o programa estima a radiação térmica de ambos os incêndios (BLEVE e incêndio em poça), simultaneamente.

O principal perigo associado a uma bola de fogo é a radiação térmica. No entanto, se houver outros produtos químicos inflamáveis perto da bola de fogo, ela pode desencadear incêndios e explosões adicionais, com maior poder de destruição.

#### 11.2.3.4 Simulação e Cenários: dados de entrada

As simulações das consequências foram realizadas com o *software* ALOHA®. Os dados de entrada para as hipóteses acidentais elencadas consideraram os seguintes aspectos:

- Características da liberação, como área de vazamento e tipo de liberação (contínua ou instantânea);
- Quantidade e fluxo máximo de massa (kg) da liberação;
- Duração da liberação;
- Densidade inicial da liberação;
- Altura da fonte de escape;
- Características meteorológicas, como velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar; e
- Fator de rugosidade do terreno.

Para cada cenário acidental simulado foi considerado no ALOHA as informações sobre a origem de um vazamento (liberação) de Etanol, Gasolina e Óleo Diesel (líquidos inflamáveis) em um dos vagões-tanque, após a ocorrência de um acidente em alguns pontos específicos da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.

Com base nas informações inseridas, foram modelados um ou mais cenários para liberação de combustível do vagão-tanque. A Tabela 11.3 apresenta os cenários modelados (áreas tóxicas, inflamáveis e de explosão) e seus respectivos riscos (toxicidade, radiação térmica, sobrepressão), para os quais foi considerado o vazamento de líquidos inflamáveis (sem incêndio, com incêndio e BLEVE) para acidentes com vagão-tanque na Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.

Tabela 11.3. Cenários de riscos modelados para Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso

FONTE	CENÁRIOS TÓXICOS RISCOS	CENÁRIOS DE INCÊNDIO RISCOS	CENÁRIOS DE EXPLOÇÃO RISCOS
Sem incêndio	Nuvem de vapor tóxico Toxicidade	Área inflamável (Flash Fire) Radiação térmica	Explosão de nuvem de vapor Sobrepressão
Com incêndio	-	Incêndio em poça Radiação térmica	-
BLEVE	-	Bola de fogo e Incêndio em poça Radiação térmica	-

Fonte: ALOHA (2021), adaptado por STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021)



## 11.3 Resultados

### 11.3.1 Caracterização da área avaliada e região

O Estudo de Análise de Risco (EAR) contempla a Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.

A concessão da malha ferroviária de Rondonópolis (Malha Norte), que liga Aparecida do Taboado/MS e Rondonópolis/MT, foi obtida pela extinta FERRONORTE S.A, posteriormente para ALL – América Latina Logística e, atualmente RUMO Logística S.A., em 1989 com validade até 2079. A Malha Norte possui uma extensão de 735 km e apresentam pontos de interconexão com as rodovias BR 163 (Rondonópolis/MT), BR-364 (Alto Araguaia/MT) e a BR-060 (Chapadão do Sul/MS), além da conexão com o Porto de Santos/SP.

Visando a extensão da Malha Norte, o projeto ferroviário em estudo denominado Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso irá interligar Rondonópolis a Lucas do Rio Verde, com um aumento de aproximadamente 571 km de extensão até Lucas do Rio Verde, incluindo um ramal de 172 km de extensão até Cuiabá, totalizando 743 km de extensão da ferrovia. A ampliação da Malha Norte tem como justificativa principal atrair a produção agrícola do Meio-Norte, com destaque para as cargas de grãos e as cargas de retorno, como os fertilizantes, assegurando uma alternativa de transporte de maior qualidade e menor custo logístico para o escoamento das cargas desta região.

O empreendimento terá um custo total estimando em aproximadamente 8 bilhões com um prazo para conclusão até 31 de dezembro de 2026 (STCP, 2021).

#### 11.3.1.1 Caracterização dos municípios interceptados pela ferrovia

Segundo a base das regiões de planejamento (RP) elaborada pela SEPLAN (1997), a área de influência direta da Ferrovia de Integração Estadual está inserida nas regiões Sudeste-Lucas do Rio Verde, Sudeste-Rondonópolis e Sul-Cuiabá/Várzea Grande. O trecho intercepta dezesseis municípios, sendo eles: Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Santa Rita do Trivelato, Planalto da Serra, Rosário Oeste, Nova Brasilândia, Campo Verde, Primavera do Leste, Dom Aquino, Poxoréu, São Pedro da Cipa, Juscimeira, Rondonópolis, Jaciara, Santo Antônio do Leverger e Cuiabá.

Os acessos à malha ferroviária podem ser feitos na sua porção norte a partir dos municípios de Lucas do Rio Verde e Nova Mutum, por meio da BR-163. Ainda, o acesso é possível a partir da capital do estado, também por meio da BR-163, percorrendo-se uma distância de aproximadamente 120 km de Cuiabá. Em Rondonópolis a malha ferroviária também intersecta a mesma rodovia.

Pelos dados do IBGE (2020), a população estimada dos dezesseis municípios que interceptam a malha ferroviária é de 1.189.273 hab., distribuídos em uma área de 74.570,283 km<sup>2</sup>. Na Tabela 11.4 pode ser observada a população e área territorial de cada município.

Tabela 11.4.

População e Área Territorial dos Municípios que interceptam a Malha Ferroviária de Rondonópolis a Lucas do Rio Verde no MT.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO ESTIMADA (HAB)	ÁREA TERRITORIAL (KM²)
Lucas do Rio Verde	67.620	3.674,60
Nova Mutum	46.813	9.546,51
Santa Rita do Trivelato	3.506	4.750,916
Planalto da Serra	2.649	2.437,590
Rosário Oeste	17.054	7.051,987
Nova Brasilândia	3.805	3.832,041
Campo Verde	45.740	5.660,165
Primavera do Leste	63.092	5.549,918
Dom Aquino	8.159	2.214,513
Poxoréu	15.916	6.833,013
São Pedro da Cipa	4.771	344,330
Juscimeira	11.176	2.717,587
Rondonópolis	236.042	4.800,914
Jaciara	27.807	2.395,366
Santo Antônio do Leverger	16.999	9.469,139
Cuiabá	618.124	3.291,696
Total	1.189.273	74.570,283

Fonte: IBGE (2020).

Seguindo a delimitação por outros estudos nas áreas, o projeto da malha ferroviária foi dividido em 8 (oito) trechos sendo do o trecho 1 ao 6, a malha ferroviária entre Rondonópolis/MT e Lucas do Rio Verde/MT com aproximadamente 571 km e os lotes 7 a 8 que segue o ramal de Juscimeira/MT até Cuiabá/MT com uma extensão aproximadamente de 170 km. Os lotes e dimensões da ferrovia estão representados na Tabela 11.5 e 0.

Tabela 11.5. Lotes e extensões da Ferrovia de Integração Estadual.

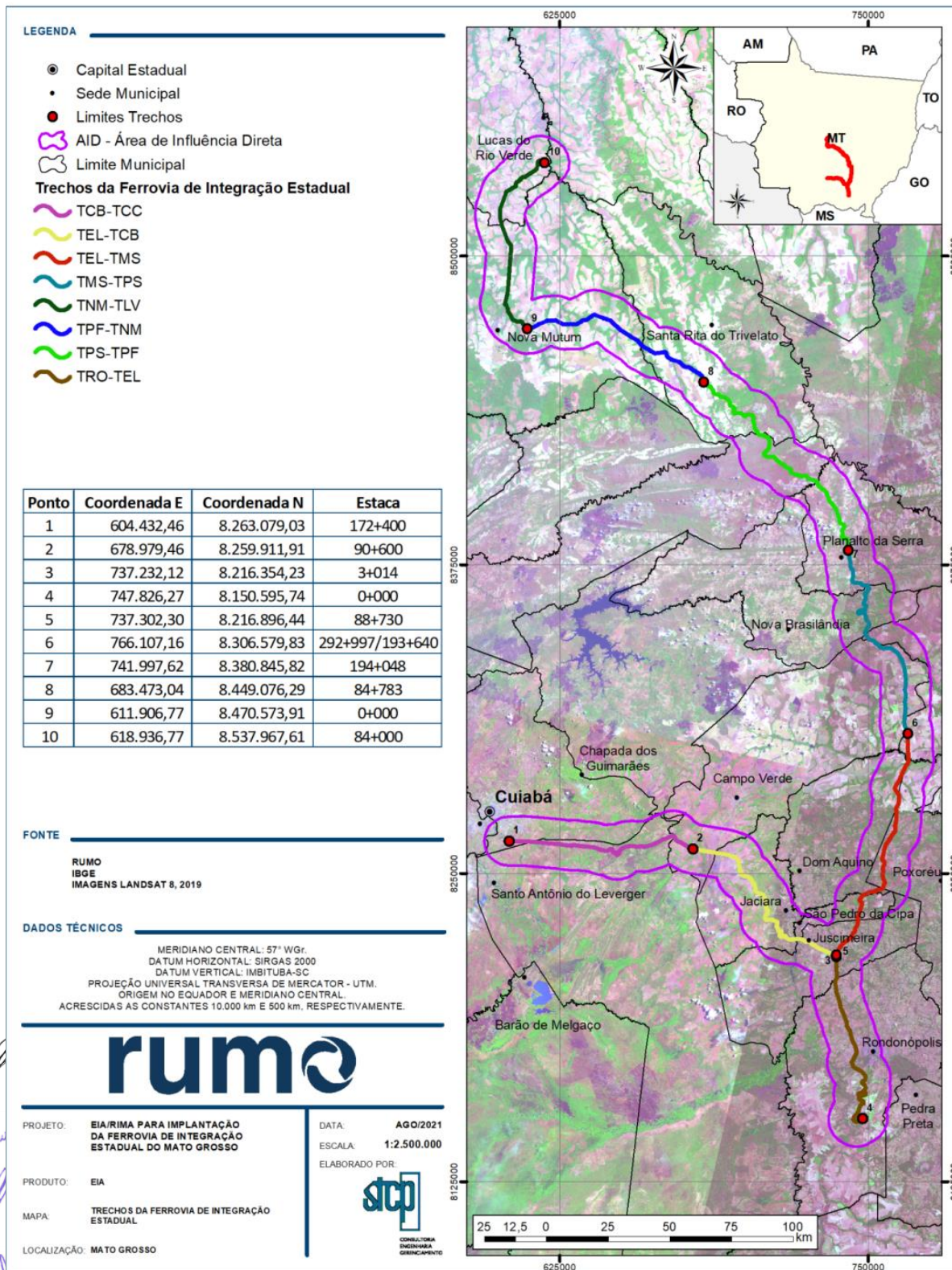
Nº	TRECHO	EXTENSÃO	DESCRIÇÃO
1	TRO-TEL	88,70	Rondonópolis - Santa Elvira
2	TEL-TMS	104,9	Santa Elvira – Rio das Mortes
3	TMS-TPS	98,9	Rio das Mores – Planalto da Serra
4	TPS-TPF	109,3	Planalto da serra- Porto Fundação
5	TPF-TNM	84,8	Porto Fundação – Nova Mutum
6	TNM-TLV	84,0	Nova Mutum – Lucas do Rio Verde
7	TEL-TCB	90,6	Salta Elvira- Serra Cuiabá
8	TCB-TCC	81,8	Serra Cuiabá- Cidade de Cuiabá

Fonte: Rumo (2021).





Figura 11.8. Trechos da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.



Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021)



### 11.3.1.2 Caracterização do meio físico

O Estado do Mato Grosso é caracterizado por altitudes modestas, o relevo apresenta grandes superfícies aplainadas, talhadas em rochas sedimentares e abrange três regiões distintas: na porção centro-norte do estado, chapadões sedimentares e planaltos cristalinos (com altitudes entre 400 e 800m), que integram o planalto central brasileiro. A do planalto arenito-basáltico, localizada no sul, simples parcela do planalto meridional. A parte do Pantanal Mato-Grossense, baixada da porção centro-ocidental (GOVERNO DO MATO GROSSO, 2020).

Na região dos municípios que contemplam a malha ferroviária, os solos da área de estudo se desenvolveram sobre unidades geológicas predominantemente areníticas e quartzíticas, com contribuição restrita de rochas siltosas e argilosas, bem como ígneas. Nessas condições, há a dominância de horizontes com textura média e granulometria areia média a fina sem, ou com pouca, contribuição de silte e argila, assim, de modo geral, os solos são muito susceptíveis à erosão por conta de sua baixa coesão. Esses fatores ainda são acentuados pelas variações na declividade do relevo, os quais indicam que áreas com declividade moderada e forte irão privilegiar a remoção dos horizontes de solo menos coesos, enquanto as áreas de declividade fraca a muito fraca têm menor transporte. Portanto, os estudos de estabilidade e mitigação da erosão devem ser feitos com foco nas camadas mais arenosas e pouco coesas dos latossolos, neossolos de areias quartzosas e cambissolos.

Deve-se destacar a ocorrência de organossolos ao longo da área de estudo. Esses solos ocorrem restritos às margens de cursos de água intermitentes, de qualquer tamanho, que não escavam muito o terreno ou área com nascentes, formando assim uma superfície de inundação. Essas áreas compreendem risco de inundações ocasionais em períodos de maior pluviosidade.

Quanto à hidrografia regional, o Mato Grosso é um dos lugares com maior volume de água doce no mundo. Considerado a caixa-d'água do Brasil por conta dos seus inúmeros rios, aquíferos e nascentes. O empreendimento está situado nas bacias hidrográficas do Rio Amazonas, do Rio Paraná e do Rio Tocantins

Os rios de Mato Grosso estão divididos nessas três grandes bacias hidrográficas que integram o sistema nacional, no entanto, devido à enorme riqueza hídrica do estado, muitos rios possuem características específicas e ligações tão estreitas com os locais que atravessam que representam, por si só, uma unidade geográfica, recebendo o nome de sub-bacias. As principais sub-bacias que o empreendimento está situado são: Araguaia – trecho da Olha do Bananal –, Alto Paraguaia, Tapajós, Xingu e Paru.

### 11.3.1.3 Caracterização climática na Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso

Os dados quanto à temperatura, umidade relativa do ar, índice de precipitação, altitude média e direção dos ventos, foram adquiridas por meio das médias calculadas dos dados históricos das Estações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2021) e Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados históricos são apresentados Tabela 11.6, considerando o período entre 2010 a 2021.

*Handwritten signatures:*  
Michele Japime  
E. P. ...  
J. ...  
H. ...



- Clima

O conhecimento do tipo climático de uma região fornece indicativos de larga escala sobre as condições médias de pluviosidade e temperatura esperadas. Esse é um primeiro indicativo para se planejar todas as atividades humanas (tipos de construção, vestimenta etc., bem como explorações animais e vegetais).

O sistema de classificação climática de Köppen, baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade, apresenta um código de letras que designam grandes grupos e subgrupos climáticos, além de subdivisões para distinguir características estacionais de temperatura e pluviosidade. Desta forma, o clima dos municípios é classificado, segundo Köppen, como predominantemente Aw (clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas de verão), com base em dados climatológicos levantados das estações existentes no estado de Mato Grosso.

- Temperatura

A temperatura média é de 25,9°C sendo que no mês mais quente entre os anos de 2010 e 2021, a temperatura máxima atingiu 34,50°C e, no mês mais frio, a temperatura mínima atingiu 16,50°C.

- Umidade relativa do ar e Precipitação

Em razão das características regionais dos municípios, presença de corpos hídricos e pelos mesmos estarem localizados em região do bioma Cerrado, a umidade relativa média do ar (baseado em dados médios mensais) variou no período de 2010 a 2021, de 40,00% a 89,00%, sendo a média anual de 65,15%.

Quanto ao índice pluviométrico, foi verificada para o mesmo período, uma variação pluviométrica de 1 a 316 mm, sendo a média obtida para os últimos 10 anos de 136,87 mm.

- Ventos

Os ventos medidos por meio das Estações Automáticas indicaram que os ventos possuem direção Norte-N para Sul-S e direção Leste-E para Oeste-W.

A maior predominância dos ventos ao longo dos anos de 2010 e 2021 foi para Norte (N) com velocidade média anual de 10,39 m.s<sup>-1</sup>. A maior velocidade medida foi de 13,80 m/s e a menor de 6,80 m.s<sup>-1</sup>. Nos cenários acidentais que foram simulados utilizou-se a velocidade média anual.

Tabela 11.6. Dados Históricos Climáticos para os Municípios que interceptam a Malha Ferroviária de Rondonópolis a Lucas do Rio Verde no período de 2010 a 2021.

ESTAÇÃO	DADOS	PRECIPITAÇÃO (MM)	UMIDADE RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)		DIREÇÃO DOS VENTOS	VELOCIDADE DOS VENTOS (M/S)
				MÍNIMA	MÁXIMA		
Lucas do Rio Verde <sup>2</sup>	Mínimo	2,00	42,00	19,40	28,50	Leste (E) para Oeste (O)	8,00
	Máximo	264,00	85,00	22,60	33,30		13,60
	Média	121,00	89,00	21,40	30,30		10,80

ESTAÇÃO	DADOS	PRECIPITAÇÃO (MM)	UMIDADE RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)		DIREÇÃO DOS VENTOS	VELOCIDADE DOS VENTOS (M/S)
				MÍNIMA	MÁXIMA		
Nova Mutum	Mínimo	2,00	45,00	18,50	28,40	Leste (E) para Oeste (O)*	8,00*
	Máximo	269,00	87,00	22,10	33,00		13,60*
	Média	126,00	72,00	20,80	29,90		10,80*
Santa Rita do Trivelato	Mínimo	1,00	43,00	18,30	28,30	Leste (E) para Oeste (O)*	8,00*
	Máximo	257,00	85,00	22,10	32,90		13,60*
	Média	121,00	70,00	20,70	29,80		10,80*
Planalto da Serra	Mínimo	2,00	41,00	18,20	28,50	Leste (E) para Oeste (O)*	8,90*
	Máximo	257,00	82,00	22,20	33,00		13,80*
	Média	109,00	67,00	20,70	29,90		11,30*
Rosário Oeste <sup>1</sup>	Mínimo	5,00	46,00	18,70	29,80	Norte (N) para Sul (S)	6,90
	Máximo	257,00	83,00	23,70	34,00		11,40
	Média	120,00	70,00	22,00	31,00		9,20
Nova Brasilândia	Mínimo	3,00	42,00	18,80	28,70	Leste (E) para Oeste (O)*	8,90*
	Máximo	291,00	83,00	22,40	33,20		13,80*
	Média	134,00	68,00	21,00	30,10		11,30*
Campo Verde <sup>1</sup>	Mínimo	5,00	44,00	17,00	27,40	Leste (E) para Oeste (O)	8,90
	Máximo	283,00	84,00	21,30	31,30		13,80
	Média	144,00	70,00	19,80	28,40		11,30
Primavera do Leste <sup>1</sup>	Mínimo	2,00	42,00	16,50	28,80	Leste (E) para Oeste (O)*	7,60*
	Máximo	247,00	81,00	21,70	32,90		12,50*
	Média	118,00	67,00	20,00	29,90		10,00*
Dom Aquino	Mínimo	5,00	43,00	17,90	29,40	Leste (E) para Oeste (O)*	8,90*
	Máximo	248,00	81,00	22,80	33,40		13,80*
	Média	127,00	68,00	21,10	30,50		11,30*
Poxoréo <sup>2</sup>	Mínimo	5,00	40,00	17,60	29,70	Leste (E) para Oeste (O)	7,60
	Máximo	305,00	81,00	22,50	34,00		12,50
	Média	150,00	67,00	20,90	30,80		10,00
São Pedro da Cipa	Mínimo	7,00	43,00	18,60	29,90	Norte (N) para Sul (S)*	7,50*
	Máximo	316,00	81,00	23,30	33,90		12,30*
	Média	158,00	68,00	21,70	31,00		9,90*
Juscimeira	Mínimo	7,00	43,00	18,30	29,80	Norte (N) para Sul (S)*	7,50*
	Máximo	316,00	81,00	23,30	33,80		12,30*
	Média	158,00	68,00	21,60	31,00		9,90*
Rondonópolis <sup>1</sup>	Mínimo	7,00	43,00	18,00	31,10	Leste (E) para Oeste (O)*	6,80
	Máximo	279,00	81,00	23,60	34,50		12,40
	Média	120,00	67,00	21,60	31,40		9,60
Jacara	Mínimo	7,00	42,00	18,80	29,40	Norte (N) para Sul (S)	7,50
	Máximo	316,00	81,00	23,00	33,30		12,30
	Média	158,00	68,00	21,60	30,50		9,90
Santo Antônio do Leverger	Mínimo	7,00	47,00	18,90	29,90	Norte (N) para Sul (S)	7,30
	Máximo	234,00	81,00	24,60	34,20		12,30



ESTAÇÃO	DADOS	PRECIPITAÇÃO (MM)	UMIDADE RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)		DIREÇÃO DOS VENTOS	VELOCIDADE DOS VENTOS (M/S)
				MÍNIMA	MÁXIMA		
Cuiabá <sup>1</sup>	Média	109,00	69,00	22,60	31,40	Leste (E) para Oeste (O)*	9,80
	Mínimo	0,00	46,32	11,30	30,18		8,00
	Máximo	471,10	87,68	23,19	38,36		13,60
	Média	148,40	74,92	19,12	33,15		10,80

Legenda: <sup>1</sup>: Estação Meteorológica Automática do INMET; <sup>2</sup>: Estações Meteorológicas; \*: Direção dos ventos de Estações Meteorológicas de municípios vizinhos.

Fonte: INMET (2021), adaptado por STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

#### 11.3.1.4 Caracterização Socioeconômica

A população estimada em 2020 das cidades que a malha ferroviária vai influenciar de alguma forma é de aproximadamente 1,2 milhão de pessoas. É possível observar, na Tabela 11.7, que a população tem uma taxa crescente na região, observando os dados entre os anos 1991, 2000, 2010 e a estimativa de 2020.

A evolução populacional de cada município varia para cada um, sendo que, por exemplos, as cidades de Rosário Oeste e Poxoréu apresentaram uma queda na sua população no decorrer dos anos. Já cidades como Primavera do Leste, Rondonópolis e a capital Cuiabá, apresentaram um expressivo crescimento demográfico.

Destaca-se que as cidades Santa Rita do Trivelato, Planalto da Serra e São Pedro da Cipa, foram fundadas após o censo de 1991, ainda assim sua população continua menor que 5 mil habitantes na estimativa apresentada em 2020.

Tabela 11.7. Evolução da População entre 1991 e 2020

CIDADE	POPULAÇÃO POR ANO (HAB)			
	1991	2000	2010	2020 (ESTIMATIVA)
Planalto da Serra	*	2.881	2.726	2.649
Santa Rita do Trivelato	*	978	2.491	3.506
Nova Brasilândia	9.612	5.786	4.587	3.805
São Pedro da Cipa	*	3.495	4.158	4.771
Dom Aquino	8.934	8.418	8.171	8.159
Juscimeira	10.948	12.063	11.430	11.176
Poxoréu	23.878	20.030	17.599	15.916
Santo Antônio do Leverger	21.917	15.435	18.463	16.999
Rosário Oeste	20.050	18.755	17.679	17.054
Jaciara	21.917	23.796	25.647	27.807
Campo Verde	5.975	17.221	31.589	45.740
Nova Mutum	5.542	13.840	31.649	46.813
Primavera do Leste	12.523	39.857	52.066	63.092
Lucas do Rio Verde	6.693	19.316	45.556	67.620
Rondonópolis	126.627	150.227	195.476	236.042

CIDADE	POPULAÇÃO POR ANO (HAB)			
	1991	2000	2010	2020 (ESTIMATIVA)
Cuiabá	402.813	483.346	551.098	618.124
Total	677.429	835.444	1.020.385	1.189.273

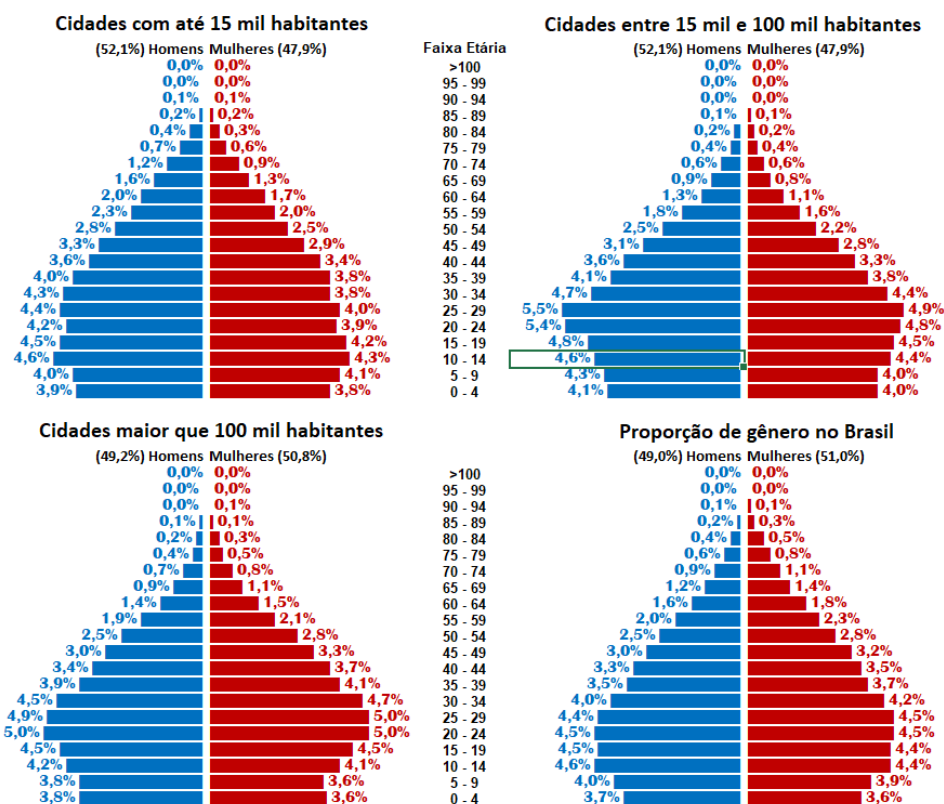
Legenda: \*Fundada após a data de realização do censo.

Fonte: IBGE (2020).

Para entender melhor a distribuição da população é apresentada a pirâmide etária das cidades (Figura 11.9). Essas cidades foram divididas em três grupos, o primeiro grupo com a população até 15 mil habitantes, o segundo grupo com população maior que 15 mil e menor que 100 mil habitantes, e o terceiro grupo abrangendo as cidades com mais de 100 mil habitantes.

Observa-se nos gráficos que as cidades com populações menores, são mais parecidas com o gráfico do panorama geral Brasileiro. Por outro lado, as cidades com populações média e grande, possuem gráficos parecidos entre si, e apresentam uma concentração de pessoas com idades entre 20 e 29 anos. É possível notar também que as cidades menores apresentam uma ligeira predominância sobre os demais cenários de pessoas mais velhas. Outro ponto observado é que as crianças de até 9 anos estão mais concentradas nas regiões com população entre 15 e 100 mil habitantes.

Figura 11.9. Pirâmide Etária das cidades localizadas na área de interesse.



Fonte: IBGE (2010).

Com relação à região que cada população reside, sendo na área urbana ou rural, o levantamento foi realizado considerando o censo de 2010 com a proporção populacional de cada cidade conforme

*Handwritten signatures and notes:*  
 ...  
 nicholasjapines  
 ...  
 ...  
 ...



pode ser observado na Tabela 11.8. Destaca-se que apenas a cidade de Santo Antônio de Leverger possui uma população predominantemente rural, com 61,2% contra 38,8% urbana.

As demais cidades mostram que cidades menores, com até 20 mil habitantes, possuem uma proporção de até 80% de população residindo em áreas urbanas, com exceção de São Pedro da Cipa, que tem aproximadamente 89,1% da população em área urbana, as cidades com população superior a 20 mil habitantes, possuem uma proporção urbana maior que 80%, chegando até a 98,1% na capital Cuiabá (Tabela 11.8).

Tabela 11.8. População Residente, por Situação do Domicílio - 2010

CIDADE	POPULAÇÃO RESIDENTE	PROPORÇÃO (%)	
		URBANA	RURAL
Santa Rita do Trivelato	2 491	54,9	45,1
Planalto da Serra	2 726	75,4	24,7
São Pedro da Cipa	4 158	89,1	10,9
Nova Brasilândia	4 587	79,8	20,2
Dom Aquino	8 171	80,3	19,7
Juscimeira	11 430	74,4	25,6
Poxoréo	17 599	67,8	32,3
Rosário Oeste	17 679	60,3	39,7
Santo Antônio do Leverger	18 463	38,8	61,2
Jaciara	25 647	92,1	7,9
Campo Verde	31 589	80,6	19,4
Nova Mutum	31 649	81,7	18,3
Lucas do Rio Verde	45 556	93,2	6,8
Primavera do Leste	52 066	94,6	5,4
Rondonópolis	195 476	96,2	3,8
Cuiabá	551 098	98,1	1,9

Fonte: IBGE (2010).

### 11.3.2 Caracterização da ferrovia

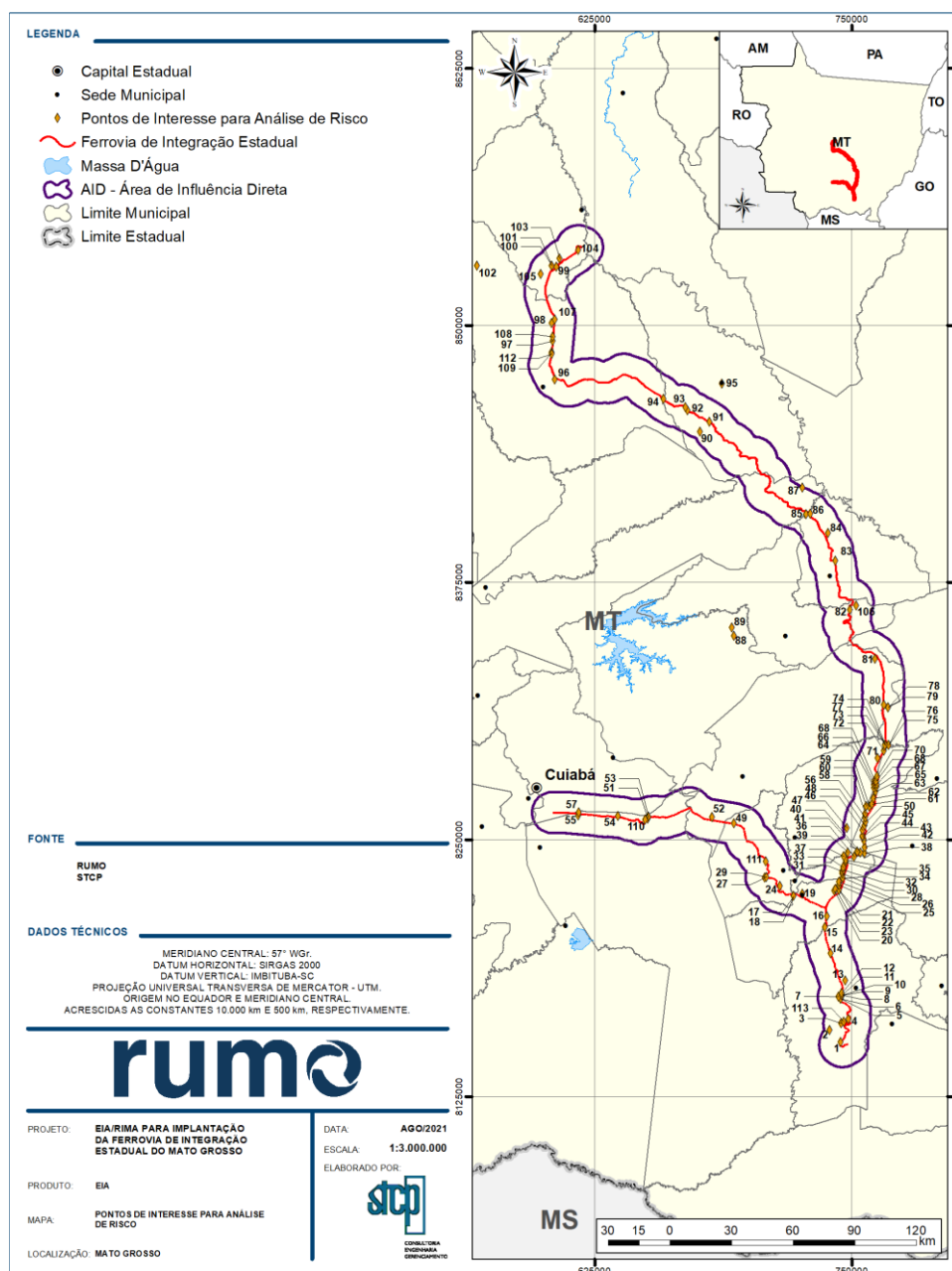
#### 11.3.2.1 Descrição da Ferrovia de Integração Estadual

A Ferrovia de Integração Estadual possui uma extensão de aproximadamente 743 km, com largura da área diretamente afetada (ADA), variando entre 40 a 200m, onde foram identificados os seguintes pontos para a análise de risco: Rodovias, Aeródromos, Centros urbanos e rurais, cursos d'água, nascentes, assentamentos rurais e Unidades de Conservação (Federais, Estaduais e Municipais), entre outros. A descrição detalhada do empreendimento é apresentada no item 4.4.

Na Figura 11.10 e na Tabela 11.9 são apresentados todos os pontos consolidados das informações estruturais no traçado da Ferrovia de Integração Estadual para fins de análise de risco. No Anexo 11.1 são apresentadas a localização desses pontos na escala 1:1.750.000.

Na Tabela 11.9, os pontos em negrito foram os selecionados para projetar as áreas de risco associadas com os perigos tóxicos atmosféricos, radiação térmica de incêndios e os efeitos da explosão utilizando o ALOHA®, a fim de delimitar a extensão espacial dos riscos associados ao vazamento de gases tóxicos e inflamáveis e áreas de vulnerabilidade. Os pontos escolhidos representam as diversas áreas com potencial de danos aos seres humanos, meio ambiente e ao patrimônio (residências, passagem de nível, passagem veicular, indústrias, restaurantes, represas, rios, área urbana, posto de combustível, pousada).

Figura 11.10. Informações estruturais na AID da Ferrovia de Integração Estadual para a análise de risco



*Handwritten signatures and initials:*  
Michele Japimes  
Erad  
JLL  
H

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).



Tabela 11.9. Pontos de interesse da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso

PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
1	Amostragem Água Superficial - Ribeirão Ponte da Pedra (P-08)	Rondonópolis	16°42'44.21"S	54°42'42.90"W	506
2	Amostragem do Ar - PA Carimã - (AR-02)	Rondonópolis	16°39'39.10"S	54°45'47.97"W	398
3	Amostragem do Ar - UC Parque Estadual Dom Osório Stafell - (AR-01)	Rondonópolis	16°37'51.76"S	54°42'29.78"W	429
4	Amostragem de solo (S-08)	Rondonópolis	16°36'42.80"S	54°40'25.53"W	397
5	Amostragem Água Superficial - Rio Vermelho (P-07)	Rondonópolis	16°31'09.46"S	54°42'58.88"W	219
6	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 02)	Rondonópolis	16°31'09.46"S	54°42'58.89"W	219
7	Amostragem do Ar - PA Rio Vermelho - (AR-03)	Rondonópolis	16°30'52.11"S	54°43'05.87"W	219
8	Cavidade - Abrigo sob Rocha - LRV-15	Rondonópolis	16°30'14.66"S	54°42'08.36"W	234
9	Cavidade - Abrigo sob Rocha - LRV-16	Rondonópolis	16°30'10.48"S	54°42'12.89"W	234
10	Cavidade - Abrigo sob Rocha - LRV-17	Rondonópolis	16°30'10.24"S	54°42'14.27"W	219
11	Cavidade - Abrigo sob Rocha - LRV-18	Rondonópolis	16°30'03.15"S	54°42'20.49"W	219
12	Cavidade - Abrigo sob Rocha - LRV-20	Rondonópolis	16°29'58.54"S	54°42'27.36"W	219
13	Amostragem do Ar - PA Rio Vermelho - (AR-04)	Rondonópolis	16°26'22.69"S	54°41'36.21"W	513
14	Amostragem de solo (S-07)	Rondonópolis	16°19'12.65"S	54°45'31.87"W	318
15	Amostragem Água Superficial - Rio Tugore (P-06)	Juscimeira	16°12'17.03"S	54°47'01.14"W	258
16	Amostragem de solo (S-06)	Juscimeira	16°09'37.90"S	54°46'50.23"W	278
17	Amostragem Água Superficial - Rio São Lourenço (P-05)	Jaciara	16°04'05.67"S	54°55'59.25"W	252
18	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 01)	Jaciara	16°04'05.67"S	54°55'59.25"W	252
19	Área Rural e Urbana; Amostragem Água Subterrânea - (Poço 04)	Juscimeira	16°03'50.09"S	54°53'20.13"W	269
20	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	16°02'51.83"S	54°44'53.81"W	269
21	Amostragem Água Superficial - Rio Areial (P-09)	Juscimeira	16°02'40.32"S	54°43'31.16"W	307
22	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 03)	Juscimeira	16°02'40.32"S	54°43'31.16"W	307



PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
23	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	16° 2'31.90"S	54°43'24.66"W	295
24	Amostragem de solo (S-05)	Jaciara	16°01'49.12"S	54°59'38.57"W	335
25	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	16°01'01.87"S	54°43'35.14"W	427
26	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	16°00'22.57"S	54°43'25.14"W	314
27	Amostragem do Ar - UC Estrada Parque Cachoeira Da Fumaça	Jaciara	15°59'36.87"S	55°03'55.68"W	391
28	Ponte Sobre o Rio Areial	Juscimeira	15°59'17.63"S	54°42'38.72"W	377
29	Amostragem Água Superficial - Córrego Formoso/ Cachoeira da Mulata (P-04)	Jaciara	15°59'11.31"S	55°03'05.79"W	421
30	Passagem Inferior	Juscimeira	15°58'06.36"S	54°42'41.54"W	383
31	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	15°57'49.18"S	54°42'47.41"W	373
32	Passagem Veicular	Juscimeira	15°57'01.87"S	54°42'23.33"W	349
33	Passagem Veicular	Juscimeira	15°56'30.51"S	54°42'15.52"W	389
34	Passagem Inferior	São Pedro da Cipa	15°55'00.82"S	54°41'50.02"W	408
35	Passagem Inferior	São Pedro da Cipa	15°54'44.08"S	54°41'55.68"W	372
36	Cavidade - Casa de Pedra de São Paulo	São Pedro da Cipa	15°53'52.51"S	54°39'32.43"W	445
37	Passagem Inferior	São Pedro da Cipa	15°53'44.52"S	54°42'10.91"W	324
38	Cavidade - Caverna da raizinha	São Pedro da Cipa	15°52'55.70"S	54°36'43.82"W	445
39	Passagem em Nível - Tipo III	São Pedro da Cipa	15°52'48.80"S	54°41'01.34"W	363
40	Amostragem de solo (S-09)	Poxoréu	15°52'45.40"S	54°37'58.98"W	445
41	Ponte	São Pedro da Cipa	15°52'18.49"S	54°38'37.99"W	392
42	Passagem Veicular	Poxoreú	15°51'05.67"S	54°36'43.18"W	512
43	Passagem Veicular	Poxoreú	15°49'25.91"S	54°36'55.29"W	482
44	Passagem Inferior	Poxoreú	15°48'32.06"S	54°37'08.89"W	502
45	Passagem em Nível - Tipo III	Poxoreú	15°48'01.25"S	54°37'02.32"W	526
46	Passagem Veicular	Poxoreú	15°47'20.37"S	54°36'27.06"W	548



PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
47	Amostragem do Ar - PA São Bento - (AR-06)	Dom Aquilo	15°46'07.17"S	54°41'39.67"W	605
48	Passagem Inferior	Poxoreú	15°45'29.93"S	54°36'58.40"W	561
49	Amostragem de solo (S-04)	Jaciara	15°45'08.65"S	55°12'09.55"W	734
50	Amostragem de solo (S-10)	Dom Aquilo	15°44'34.40"S	54°36'28.41"W	600
51	Amostragem de solo (S-03)	Campo Verde	15°44'00.01"S	55°35'48.44"W	380
52	Amostragem Água Superficial - Rio das Mortes (P-03)	Campo Verde	15°43'50.92"S	55°18'01.48"W	722
53	Amostragem Água Superficial - Rio Aricá-Mirim (P-02)	Santo Antônio do Levenger	15°43'46.91"S	55°35'41.61"W	380
54	Amostragem de solo (S-02)	Santo Antônio do Levenger	15°43'35.63"S	55°43'56.94"W	196
55	Amostragem Água Superficial - Rio Aricá-Açu (P-01)	Santo Antônio do Levenger	15°43'25.57"S	55°54'41.13"W	159
56	Passagem em Nível - Tipo III	Dom Aquino	15°43'19.06"S	54°36'33.84"W	588
57	Amostragem de solo (S-01)	Santo Antônio do Levenger	15°42'46.19"S	55°54'26.96"W	159
58	Passagem Inferior	Dom Aquino	15°42'29.07"S	54°36'40.49"W	551
59	Passagem Veicular	Poxoreú	15°40'26.96"S	54°35'23.02"W	601
60	Passagem em Nível - Tipo III	Poxoreú	15°40'20.88"S	54°36'16.23"W	602
61	Passagem em Nível - Tipo III	Poxoreú	15°39'56.18"S	54°34'59.49"W	633
62	Passagem Inferior	Poxoreú	15°38'04.91"S	54°34'13.97"W	605
63	Passagem Inferior	Poxoreú	15°36'35.19"S	54°33'58.80"W	602
64	Passagem Inferior	Poxoreú	15°35'35.05"S	54°34'09.20"W	564
65	Amostragem de solo (S-11)	Poxoreú	15°35'09.95"S	54°33'42.21"W	621
66	Passagem em Nível - Tipo III	Poxoreú	15°34'52.62"S	54°34'10.26"W	584
67	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 05)	Poxoreú	15°34'31.56"S	54°33'32.47"W	621
68	Torre de transmissão	Dom Aquino	15°33'55.14"S	54°34'02.38"W	642
68	Viaduto Rodoviário	Dom Aquino	15°33'52.11"S	54°33'54.81"W	648
70	Passagem em Nível - Tipo II	Dom Aquino	15°32'32.62"S	54°33'27.81"W	642

PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
71	Passagem em Nível - Tipo II	Dom Aquino	15°27'52.38"S	54°33'10.42"W	632
<b>72</b>	<b>Passagem Inferior 282m empresa</b>	<b>Dom Aquino</b>	<b>15°25'30.46"S</b>	<b>54°31'47.70"W</b>	<b>613</b>
73	Amostragem Água Superficial - Rio das Mortes (P-11)	Poxoréu	15°24'19.94"S	54°31'15.43"W	600
74	Amostragem de solo (S-12)	Dom Aquino	15°24'17.44"S	54°31'04.13"W	600
75	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 06)	Poxoréu	15°24'08.19"S	54°30'21.96"W	600
76	Amostragem Água Superficial - Rio das Mortes (P-10)	Poxoréu	15°24'08.09"S	54°30'21.96"W	468
77	Ponte sobre o Rio das Mortes	Dom Aquino	15°24'03.38"S	54°31'23.27"W	508
78	Amostragem Água Superficial - Ribeirão Ximbica (P-12)	Primavera do Leste	15°14'08.22"S	54°30'52.19"W	674
79	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 07)	Primavera do Leste	15°14'08.22"S	54°30'52.19"W	675
80	Amostragem de solo (S-13)	Campo Verde	15°13'48.64"S	54°31'57.16"W	692
81	Amostragem de solo (S-14)	Campo Verde	15° 0'13.49"S	54°34'19.49"W	719
82	Amostragem de solo (S-15)	Nova Brasilândia	14°48'54.12"S	54°41'14.72"W	641
83	Amostragem Água Superficial - Ribeirão Bananal/ Cachoeira Salto do Bananal (P-13)	Planalto da Serra	14°35'58.30"S	54°45'19.50"W	455
84	Amostragem Água Superficial - Ribeirão Poção (P-14)	Planalto da Serra	14°28'32.29"S	54°47'31.33"W	427
85	Amostragem Água Superficial - Rio Piabas (P-15) - Unidade de Conservação e proximidade de área indígena	Rosário Oeste	14°23'46.03"S	54°53'30.18"W	409
86	Amostragem de solo (S-16)	Planalto da Serra	14°23'22.33"S	54°52'18.89"W	409
87	Amostragem do Ar - UC APA das Cabeceiras do Rio Cuiabá - (AR-08)	Rosário Oeste	14°16'38.50"S	54°54'35.62"W	411
88	Amostragem de solo (S-17)	Santa Rita do Trivelato	14° 5'5.62"S	55°12'54.27"W	472
89	Amostragem Água Superficial - Ribeirão Beija-flor (P-16)	Rosário Oeste	14° 5'33.98"S	55°13'10.02"W	472
90	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 10)	Santa Rita do Trivelato	14° 0'18.33"S	55°22'10.24"W	550
91	Amostragem Qualidade da Água Superficial - Ribeirão Moderno (P-17)	Santa Rita do Trivelato	13°59'22.06"S	55°19'59.55"W	495
92	Amostragem de solo (S-18)	Santa Rita do Trivelato	13°56'19.98"S	55°25'43.57"W	516
93	Amostragem Água Superficial - Rio Verde (P-18)	Nova Mutum	13°55'39.24"S	55°26'13.83"W	516



PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
94	Amostragem Água Superficial - Ribeirão do Alegre (P-19)	Nova Mutum	13°53'3.00"S	55°32'03.26"W	456
95	Amostragem do Ar - MT-140 - (AR-09)	Santa Rita do Trivelato	13°49'19.17"S	55°16'22.73"W	510
96	Água Superficial - Rio dos Patos (P-20) - Proximidade Área Urbana	Nova Mutum	13°48'2.49"S	56°01'37.78"W	299
97	Amostragem de solo (S-19)	Nova Mutum	13°38'11.81"S	56°02'01.45"W	451
98	Amostragem Água Superficial - Ribeirão São Manuel (P-21)	Nova Mutum	13°33'46.49"S	56°02'30.70"W	452
99	Amostragem de solo (S-20)	Lucas do Rio Verde	13°18'52.66"S	56°01'08.50"W	429
100	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 08)	Lucas do Rio Verde	13°18'30.99"S	56°02'27.29"W	429
101	Amostragem do Ar - São Cristóvão - (AR-10)	Lucas do Rio Verde	13°18'28.28"S	56°02'26.74"W	426
102	Rodovia	Lucas do Rio Verde	13°18'28.13"S	56° 2'24.31"W	429
103	Amostragem Água Superficial - Ribeirão da Piranha (P-22)	Lucas do Rio Verde	13°16'39.61"S	56°00'21.38"W	421
104	Amostragem Água Subterrânea - (Poço 09)	Lucas do Rio Verde	13°14'11.08"S	55°55'22.04"W	423
105	Nascente	Lucas do Rio Verde	13°20'54.82"S	56°05'23.13"W	423
106	Nascente	Nova Brasilândia	14°47'38.38"S	54°39'44.96"W	418
107	Indústria - Louis Dreyfus - Nova Mutum	Nova Mutum	13°32'45.16"S	56°01'45.07"W	449
108	Restaurante - Cantina da Uva	Nova Mutum	13°37'05.02"S	56°02'00.12"W	454
<b>109</b>	<b>Industria 300m</b>	<b>Nova Mutum</b>	<b>13°41'10.63"S</b>	<b>56° 2'17.32"W</b>	<b>495</b>
110	Nascente, Unidade de Conservação e Comunidade Quilombola	Santo Antônio do Levenger	15°44'33.82"S	55°36'19.32"W	492
111	Nascente e Proximidade com Area Urbana e Assentamento Rural	Jaciara	15°55'00.32"S	55°03'28.51"W	490
<b>112</b>	<b>Bar e Restaurante 127m</b>	<b>Nova Mutum</b>	<b>13°41'49.90"S</b>	<b>56° 2'20.58"W</b>	<b>466</b>
113	Posto de Combustível	Rondonópolis	16°37'07.04"S	54°41'59.52"W	367
114	Travessia rodovia BR 163	Rondonópolis	16°39'42.76"S	54°40'50.87"W	439
115	Ponto curva linhas próximas e área de vegetação	Rondonópolis	16°37'48.14"S	54°41'12.83"W	411
116	Represa 400m ferrovia	Rondonópolis	16°35'1.57"S	54°40'47.67"W	338
117	Rod Juscelino Kubitschek BR 163 310m empresa	Rondonópolis	16°33'1.46"S	54°40'23.39"W	323

PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
118	Rio Vermelho	Rondonópolis	16°31'17.04"S	54°42'54.52"W	204
119	Residências	Rondonópolis	16°27'16.49"S	54°42'20.62"W	321
120	Rodovia MT 270 270m residências	Rondonópolis	16°22'27.57"S	54°44'22.63"W	312
121	Floresta 340m empresa - R. Fernando Correa da Costa	Rondonópolis	16°20'34.06"S	54°44'55.48"W	265
122	Psicultura e BR 364	Juscimeira	16°14'52.11"S	54°46'51.26"W	272
123	Fazenda Balaio	Juscimeira	16°14'14.34"S	54°46'57.77"W	250
124	Escola Estadual José Rodrigues Dos Santos 500m	Juscimeira	16°12'52.78"S	54°47'9.55"W	252
125	Juscimeira 500m área urbano	Juscimeira	16° 4'3.98"S	54°53'28.98"W	298
126	Rio São Lourenço	Jaciara	16° 3'28.69"S	54°55'30.29"W	254
127	Residências	Jaciara	15°59'39.98"S	55° 0'58.62"W	459
128	Córrego Aricá	Campo Verde	15°43'31.47"S	55°31'13.42"W	455
129	Residências 170m	Campo Verde	15°43'32.72"S	55°32'9.99"W	468
130	BR 163	Santo Antônio do Levenger	15°44'27.73"S	55°39'48.09"W	196
131	Torre de transmissão	Dom Aquino	15°34'5.29"S	54°33'29.06"W	629
132	Posto Maria e José – 400m	Nova Mutum	13°44'35.94"S	56° 2'55.18"W	205
133	Pousada Paraíso MT 130m	Lucas do Rio Verde	15°44'27.22"S	55°36'20.42"W	321

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).



### 11.3.2.2 Posicionamento dos Pátios

Conforme o Relatório Operacional apresentado pela RUMO e emitido em janeiro de 2021, estão previstos 23 desvios de cruzamento ao longo da ferrovia (Tabela 11.10). O comprimento de cada desvio foi definido em função do tamanho mínimo necessário para adequação à operação com trem tipo de 120 vagões em ambos os sentidos.

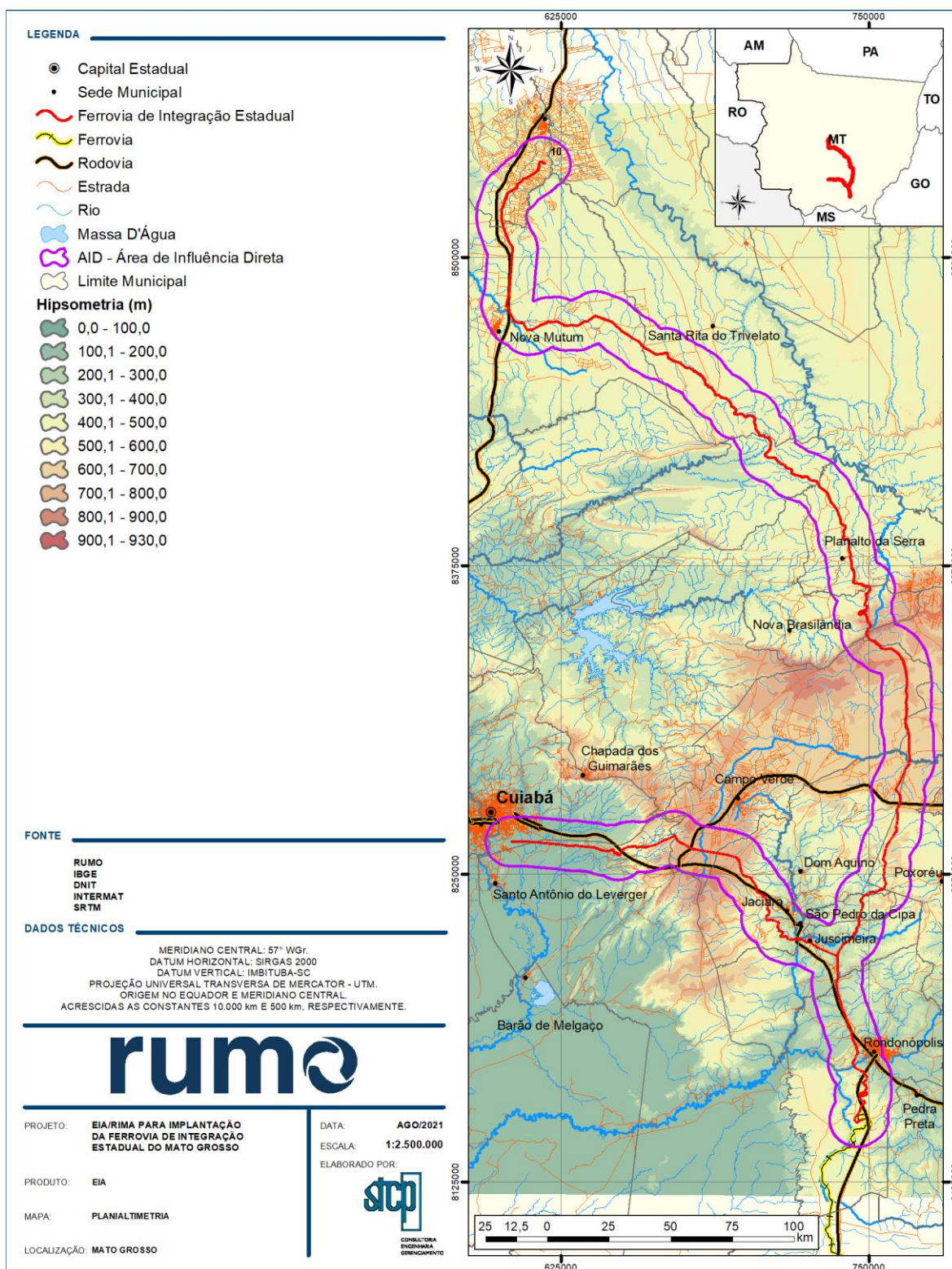
Tabela 11.10. Desvios de cruzamentos da malha de Lucas do Rio Verde a Rondonópolis

Nº	km início	km fim	Extensão do Pátio (km)
Desvios de cruzamentos da malha de Lucas do Rio Verde			
P1	742	3.478	2.735
P2	17.742	21.498	3.755
P3	49.182	51.918	2.735
P4	85.042	88.078	3.035
P5	110.282	113.018	2.735
P6	131.142	133.878	2.735
P7	156.082	158.818	2.735
P8	176.842	179.578	2.735
P9	204.987	207.687	2.700
P10	230.707	233.407	2.700
P11	265.111	267.831	2.720
P12	292.806	295.506	2.700
P13	317.443	320.131	2.688
P14	349.631	352.331	2.700
P15	376.231	379.431	3.200
P16	395.951	398.971	3.020
P17	415.511	418.251	2.740
P18	442.251	444.951	2.700
P19	461.851	464.551	2.700
P20	482.251	484.951	2.700
P21	508.831	511.531	2.700
P22	536.611	539.311	2.700
P23	560.631	563.331	2.700
Desvios de cruzamentos para a malha de Cuiabá			
P24	33.960	36.680	2.720
P25	73.600	76.300	2.700
P26	133.820	136.520	2.700

Fonte: RUMO (2021).

Em conjunto com o posicionamento dos desvios de cruzamentos, os dados planialtimétricos do perfil da Ferrovia foram considerados como *input* de cálculo dos tempos de condução deste trabalho. Foram identificadas regiões de aclives e declives acentuados ao longo do trajeto da Ferrovia de Integração Estadual, sendo que a altimetria variou entre 76 m e 930 m, conforme é possível verificar na representação da elevação do terreno (Figura 11.11).

Figura 11.11. Planialtimetria da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.



Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

*Handwritten signatures and initials:*  
Vilhozapines  
Paul  
JLL  
H



### 11.3.3 Características e Propriedades dos produtos

Este capítulo descreve as características físico-químicas e informações toxicológicas relevantes dos líquidos inflamáveis, com ênfase nos que apresentam características oxidantes e/ou explosivas, que poderão ser transportados pela Ferrovia. A classificação dos produtos perigosos tem por objetivo nortear o levantamento das hipóteses acidentais consideradas neste estudo.

Para descrição dos produtos foram utilizados os critérios estabelecidos pela CETESB para a classificação de substâncias químicas quanto a periculosidade, constantes da Norma P4.261/2011 - "Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência".

#### 11.3.3.1 Informação de Segurança

As informações de segurança foram obtidas a partir das respectivas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ que orientam os cuidados necessários e os riscos associados ao transporte, manipulação, armazenamento e utilização destes produtos.

As Fichas de Informação de Segurança são obrigatórias, de acordo com a norma NBR 14725 - Parte 1, 2, 3 e 4, publicada em 2009. Essas NBRs foram revisadas e ampliadas em 2014, 2017 e 2019 (ABNT, 2019). As 4 partes da norma NBR 14725 estão descritas a seguir:

- 14725-1:2009 - Produtos Químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 1 - Terminologia.
- 14725-2:2019 - Produtos Químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 2 - Sistema de Classificação de Perigo.
- 14725-3:2017 - Produtos Químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 3 - Rotulagem.
- 14725-4:2014 - Produtos Químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 4 - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).

A parte 4 da norma ABNT NBR 14725 apresenta informações para a elaboração da FISPQ e define especificamente: o modelo geral de apresentação da FISPQ; as 16 seções obrigatórias; a numeração e sequência das seções; as informações a serem preenchidas na FISPQ e as condições de sua aplicabilidade ou utilização. Essas informações sequenciadas corroboram para a padronização e protocolos de atendimentos às emergências.

#### 11.3.3.2 Critérios de Classificação quanto à periculosidade

As instalações avaliadas, sob o ponto de vista de riscos do modal ferroviário, são as que utilizam, consomem ou geram produtos perigosos (tóxicas, inflamáveis ou explosivas), além de outros riscos capazes de atingir as instalações, os trabalhadores, a comunidade circunvizinha e o meio ambiente.



### 11.3.3.2.1 Substâncias Inflamáveis e Tóxicas

Os critérios para classificação da substância quanto sua inflamabilidade, de acordo com a Norma CETESB P4.261, estão apresentados na Tabela 11.11.

Tabela 11.11. Critérios para classificação de substâncias inflamáveis

NÍVEL DE INFLAMABILIDADE	PONTO DE FULGOR E/OU EBULIÇÃO (°C)
1 - Líquido pouco inflamável	PF > 60
2 - Líquido inflamável	37,8 < PF ≤ 60
3 - Líquido facilmente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE ≥ 37,8
4 - Gás ou líquido altamente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE ≤ 37,8

Fonte: CESTEB (2011).

Para a classificação das principais substâncias tóxicas, os critérios utilizados estão apresentados nas Tabela 11.12 e Tabela 11.13. Neste quesito foram definidos níveis de toxicidade, de acordo com a CL<sub>50</sub>, via respiratória para rato ou camundongo, considerando pressão de vapor igual ou superior a 10 mmHg a 25°C. Para as substâncias cujos valores de CL<sub>50</sub> não estavam disponíveis, foram utilizados os valores, via oral para rato ou camundongo, considerando-se os mesmos valores de pressão de vapor (Tabela 11.13).

Tabela 11.12. Critérios para classificação de substâncias tóxicas.

NÍVEL DE TOXICIDADE	C (PPMV.H)
1 - Praticamente não tóxica	50000 < C ≤ 150000
2 - Pouco tóxica	5000 < C ≤ 50000
3 - Tóxica	500 < C ≤ 5000
4 - Muito tóxica	C ≤ 500

C = concentração letal 50 (CL<sub>50</sub>) em ppmv multiplicada pelo tempo de exposição em horas.

Fonte: CESTEB (2011).

Tabela 11.13. Critérios para classificação de substâncias tóxicas pela DL<sub>50</sub>.

NÍVEL DE TOXICIDADE	DL <sub>50</sub> (MG.KG)
1 - Praticamente não tóxica	5000 < DL50 ≤ 150000
2 - Pouco tóxica	500 < DL50 ≤ 5000
3 - Tóxica	50 < DL50 ≤ 500
4 - Muito tóxica	DL50 ≤ 50

Fonte: CESTEB (2011).

Para este EAR, todas as substâncias classificadas nos níveis de Toxicidade e Inflamabilidade 3 e 4, tanto para gases como líquidos, são consideradas como de interesse para a estimativa da vulnerabilidade.

### 11.3.3.2.2 Produtos perigosos com potencial de periculosidade

Os produtos que serão transportados pela Ferrovia de Integração Estadual foram classificados de acordo com suas características comerciais: Agrícola/Alimentícios, Siderúrgico e Produtos Perigosos.





Para este EAR, foram considerados os principais produtos a serem transportados e os critérios estabelecidos pela CETESB (2011), para a classificação de substâncias químicas quanto à periculosidade, com destaque para a inflamabilidade.

A partir do critério estabelecido na Norma CETESB e a relação dos produtos perigosos transportados de acordo com a Resolução nº 5.232/2016 da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, os produtos transportados pela Ferrovia de Integração Estadual, foram classificados a partir dos níveis de inflamabilidade e toxicidade. A Tabela 11.12 apresenta a relação dos possíveis produtos movimentados com a respectiva classificação.

Tabela 11.14. Classificação de produtos perigosos

DESCRIÇÃO	ESTADO FÍSICO	CLASSE DE RISCOS	PONTO DE FULGOR (PF) / PONTO DE EBULIÇÃO (PE) °C	CL <sub>50</sub> (PPM.H) / DL <sub>50</sub> (MG/KG)	NÍVEL DE INFLAMABILIDADE OU TOXICIDADE
Etanol	Líquido	3 - Inflamáveis	PF:13 / PE:78,3	CL50 20000	3(INF)2(TOX)
Etanol Hidratado	Líquido	3 - Inflamáveis	PF:15 / PE:78,3	CL50 20000	3(INF)2(TOX)
Gasolina	Líquido	3 - Inflamáveis	PF:- 43	---	3(INF)1(TOX)
Óleo Diesel	Líquido	3 - Inflamáveis	PF:30	---	3(INF)1(TOX)
Óleo Combustível	Líquido	3 - Inflamáveis	PF:66	---	1(INF)1(TOX)

INF: inflamabilidade e TOX: toxicidade.

Fonte: CAMEO CHEMICALS (2021).

A gasolina é o segundo combustível mais consumido no Brasil, vindo logo atrás do óleo diesel. Ambos os produtos são derivados do petróleo, sendo que esse é composto por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 16 carbonos e, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio. Os hidrocarbonetos presentes na gasolina pertencem, principalmente, às classes das parafinas (normal ou ramificadas), oleofinas, naftênicos e aromáticos (ANP, 2019). Enquanto para o óleo diesel, a composição final depende da origem do petróleo, das correntes e dos processos de produção (destilação atmosférica, alquilação, hidrocraqueamento, craqueamento catalítico, entre outros). O óleo combustível é uma mistura líquida de hidrocarbonetos que apresenta características de: inflamável, combustível, insolúvel em água e bastante solúvel em solventes orgânicos.

O etanol é uma substância química com fórmula molecular  $C_2H_6O$ , produzida especialmente pela fermentação de açúcares. São duas as formas de utilização do produto: na forma de etanol anidro ou como etanol hidratado, comercializado em todo o país como um combustível acabado (ANP, 2019).

As composições do etanol anidro e hidrato se diferem basicamente pelas porcentagens de água e uma pequena adição de gasolina no caso do etanol hidrato, a saber:

- Etanol Anidro - porcentagem mínima de 99,3% (p/p) de etanol e máxima de 0,7% (p/p) de água;
- Etanol Hidratado - porcentagens de etanol variando entre 92,6 e 93,8% (p/p), água entre 6,2 e 7,4% (p/p) e adição máxima de 30 mL.L<sup>-1</sup> (p/p) de gasolina.

Entre os produtos, o que apresenta maior poder calorífico é a Gasolina (9.400 - 10.400 kcal.kg<sup>-1</sup>), seguida do Diesel (10.100 kcal.kg<sup>-1</sup>) e do Etanol (6.300 kcal.kg<sup>-1</sup>). A Tabela 11.15 a Tabela 11.18 apresenta a FISPQ dos produtos combustíveis líquidos que poderão ser transportados pela ferrovia.

Tabela 11.15. Características e informações relevantes sobre a Gasolina Comum.

<b>GASOLINA COMUM</b>	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO</b>	
NOME QUÍMICO	Gasolina
ASPECTO	Líquido límpido amarelado. Odor forte característico.
<b>COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES</b>	
COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES [CAS]	Gasolina (72,5-87%) [86290-81-5] Etanol etílico anidrido combustível (18-27,5% p/p) [64-17-5] Benzeno (<1,0% p/p) [71-43-2]
<b>IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</b>	
COMPORTAMENTO	Inflamável. Em combustão libera vapores tóxicos e irritantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, peróxidos e goma. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.
SAÚDE	Produto não classificado como tóxico agudo por via oral. Provoca irritação à pele e ao olhos.
PERIGOS FÍSICO-QUÍMICOS	Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação.
MEIO AMBIENTE	Não reage com água. Nocivo para os organismos aquáticos.
PERIGOS ESPECÍFICOS	Não há.
<b>LIMITES DE EXPOSIÇÃO</b>	
LIMITE DE INFLAMABILIDADE	Limite superior: 7,1% Limite inferior:1,3%
<b>PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	
COR	Amarelado
ESTADO FÍSICO	Líquido
ODOR	Característico
VALOR DE pH	Dados não disponíveis
PONTO DE FUSÃO (°C)	Dados não disponíveis
PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	>35
SOLUBILIDADE	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
DENSIDADE	Dados não disponíveis
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO (°C)	>250
PRESSÃO DE VAPOR	79 kPa a 37,8°C (máx)
COEFICIENTE DE PARTIÇÃO Log Kow	2-7
<b>MANUSEIO E ARMAZENAMENTO</b>	
MANUSEIO	Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local. Evite formação de vapores ou névoas. Evite exposição ao produto. Evite contato com materiais incompatíveis. Utilize equipamento de proteção individual.
EPIS	Óculos de proteção lateral, luvas de proteção de PVC, calçado de segurança e vestimenta protetora impermeável, respirador com filtro para vapores orgânicos.
<b>INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS</b>	
CONTATO COM A PELE	Provoca irritação à pele com vermelhidão e ressecamento. Provoca irritação aos olhos com vermelhidão, dor e lacrimejamento.
CONTATO COM OS OLHOS	
TOXICIDADE CRÔNICA	Pode ser absorvido pela pele e causar dermatite crônica após contato prolongado. Não é esperado que provoque sensibilização respiratória. O contato repetido dos olhos pode causar conjuntivite crônica. Pode provocar defeitos genéticos. Pode provocar leucemia e

*Handwritten signatures and initials:*  
 ..  
 nicholasjapime  
 J. M. D.  
 J. M. D.  
 J. M. D.



	tumores malignos da cavidade oral, faringe, laringe, esôfago e fígado.
TOXICIDADE AGUDA: INALAÇÃO	A aspiração para os pulmões pode resultar em pneumonite química.

Fonte: Cameo Chemicals (2021).

Tabela 11.16. Características e informações relevantes sobre o Etanol Comum.

ETANOL COMUM	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO</b>	
NOME QUÍMICO	Etanol etílico, Etanol Hidratado.
ASPECTO	Líquido límpido Incolor. Odor forte característico.
COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES	
COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES [CAS]	Etanol hidratado (92,6-93,8% p/p) [64-17-5]
<b>IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</b>	
COMPORTAMENTO	Inflamável. Em combustão libera vapores tóxicos e irritantes.
SAÚDE	Produto não classificado como tóxico agudo por via oral.
PERIGOS FÍSICO-QUÍMICOS	Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Reage violentamente com oxidantes fortes como ácido nítrico, nitrato de prata, nitrato de mercúrio ou perclorato de magnésio com risco de incêndio e explosão.
MEIO AMBIENTE	Não reage com água. Não classificado como perigoso para organismos aquáticos.
PERIGOS ESPECÍFICOS	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição e contato com materiais incompatíveis.
<b>LIMITES DE EXPOSIÇÃO</b>	
LIMITE DE INFLAMABILIDADE	Limite superior: 19% ; Limite inferior: 3,3%
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
COR	Incolor
ESTADO FÍSICO	Líquido
ODOR	Característico
VALOR DE Ph	6,0-8,0
PONTO DE FUSÃO/CONGELAMENTO (°C)	-117
PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	77
SOLUBILIDADE	Miscível em água, éter etílico, acetona e clorofórmio. Solúvel em benzeno.
DENSIDADE	0,8
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO (°C)	363
PRESSÃO DE VAPOR	5,8 kPa a 20°C
COEFICIENTE DE PARTIÇÃO Log Kow	-0,32
<b>MANUSEIO E ARMAZENAMENTO</b>	
MANUSEIO	Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local. Evite formação de vapores ou névoas. Evite inalação e o contato com a pele, olhos e roupas. Evite respirar vapores ou névoas do produto. Evite contato com materiais incompatíveis. Utilize equipamento de proteção individual.
EPIS	Óculos de proteção ou protetor facial contra respingos, luvas de proteção de PVC, borracha natural ou nitrílica, vestuário protetor adequado, respirador com filtro para vapores orgânicos.
INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS	
CONTATO COM A PELE	Provoca irritação à pele com vermelhidão e ressecamento. Provoca irritação aos olhos com vermelhidão, dor e lacrimejamento.
CONTATO COM OS OLHOS	Provoca irritação à pele com vermelhidão e ressecamento. Provoca irritação aos olhos com vermelhidão, dor e lacrimejamento.
TOXICIDADE CRÔNICA	Pode provocar danos hepáticos com acúmulo de gordura no fígado e cirrose em caso de exposição crônica por ingestão.
TOXICIDADE AGUDA: INALAÇÃO	Não é esperado que o produto apresente perigo por aspiração.

Fonte: Cameo Chemicals (2021).

Tabela 11.17. Características e informações relevantes sobre o Diesel Comum.

<b>DIESEL COMUM (S500)</b>	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO</b>	
NOME QUÍMICO	Gasóleos
ASPECTO	Líquido límpido amarelado. Odor forte característico.
<b>COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES</b>	
COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES [CAS]	Óleo Diesel [68334-30-5] Enxofre (máx. 0,05% p/p) [7704-34-9] Biodiesel B100 (8%) Aditivos (0,5%)
<b>IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</b>	
COMPORTAMENTO	Inflamável. Em combustão libera hidrocarbonetos leves e pesados e coque. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.
SAÚDE	Produto não classificado como tóxico agudo por via oral e dérmica.
PERIGOS FÍSICO-QUÍMICOS	Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática.
MEIO AMBIENTE	Não reage com água.
PERIGOS ESPECÍFICOS	Dados não disponíveis
<b>LIMITES DE EXPOSIÇÃO</b>	
LIMITE DE INFLAMABILIDADE	Limite superior: 6% ; Limite inferior: 1%
<b>PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	
COR	Amarelado
ESTADO FÍSICO	Líquido
ODOR	Característico
VALOR DE pH	Dados não disponíveis
PONTO DE FUSÃO/CONGELAMENTO (oC)	- 40 - 6
PONTO DE EBULIÇÃO (oC)	150 - 471
SOLUBILIDADE	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
DENSIDADE	0,815-0,865 Kg/m <sup>3</sup> a 20 °C
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO (oC)	>225
PRESSÃO DE VAPOR	0,4 kPa a 40°C
COEFICIENTE DE PARTIÇÃO Log Kow	7,22
<b>MANUSEIO E ARMAZENAMENTO</b>	
MANUSEIO	Manuseie o produto somente em locais bem arejados ou com sistemas de ventilação geral. Evite formação de vapores ou névoas do produto. Não fume. Evite inalação e o contato com a pele, olhos e roupas. Utilize equipamento de proteção individual.
EPIS	Óculos de proteção ou protetor facial contra respingos, luvas de proteção de PVC, borracha natural ou nitrílica, vestuário protetor adequado, respirador com filtro para vapores orgânicos.
<b>INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS</b>	
CONTATO COM A PELE	Provoca irritação à pele com vermelhidão, dor e ressecamento. Pode provocar leve irritação ocular com vermelhidão e lacrimejamento.
CONTATO COM OS OLHOS	
TOXICIDADE CRÔNICA	Não é esperado que o produto apresente toxicidade ao órgão-alvo específico por exposição repetida.
TOXICIDADE AGUDA: INALAÇÃO	Pode ser nocivo se ingerido e penetrar nas vias respiratórias com pneumonite química.

Fonte: Cameo Chemicals (2021).



Tabela 11.18. Características e informações relevantes sobre o Diesel Aditivado.

<b>DIESEL ADITIVADO (S10)</b>	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO</b>	
NOME QUÍMICO	Gasóleos
ASPECTO	Líquido límpido amarelado. Odor forte característico.
<b>COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES</b>	
COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES [CAS]	Óleo Diesel [68334-30-5] Enxofre (máx. 0,001% p/p) [7704-34-9] Biodiesel B100 (8%) Aditivos (0,5%)
<b>IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</b>	
COMPORTAMENTO	Inflamável. Em combustão libera hidrocarbonetos leves e pesados e coque. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.
SAÚDE	Produto não classificado como tóxico agudo por via oral e dérmica.
PERIGOS FÍSICO-QUÍMICOS	Muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática.
MEIO AMBIENTE	Não reage com água.
PERIGOS ESPECÍFICOS	Dados não disponíveis
<b>LIMITES DE EXPOSIÇÃO</b>	
LIMITE DE INFLAMABILIDADE	Limite superior: 6% ; Limite inferior: 1%
<b>PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b>	
COR	Amarelado
ESTADO FÍSICO	Líquido
ODOR	Característico
VALOR DE pH	Dados não disponíveis
PONTO DE FUSÃO/CONGELAMENTO (oC)	- 40 - 6
PONTO DE EBULIÇÃO (oC)	150 - 471
SOLUBILIDADE	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
DENSIDADE	0,815-0,865 Kg/m <sup>3</sup> a 20 °C
TEMPERATURA DE IGNIÇÃO (oC)	>225
PRESSÃO DE VAPOR	0,4 kPa a 40°C
COEFICIENTE DE PARTIÇÃO Log Kow	7,22
<b>MANUSEIO E ARMAZENAMENTO</b>	
MANUSEIO	Manuseie o produto somente em locais bem arejados ou com sistemas de ventilação geral. Evite formação de vapores ou névoas do produto. Não fume. Evite inalação e o contato com a pele, olhos e roupas. Utilize equipamento de proteção individual.
EPIS	Óculos de proteção ou protetor facial contra respingos, luvas de proteção de PVC, borracha natural ou nitrílica, vestuário protetor adequado, respirador com filtro para vapores orgânicos.
<b>INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS</b>	
CONTATO COM A PELE	Provoca irritação à pele com vermelhidão, dor e ressecamento. Pode provocar leve irritação ocular com vermelhidão e lacrimejamento.
CONTATO COM OS OLHOS	Não é esperado que o produto apresente toxicidade ao órgão-alvo específico por exposição repetida.
TOXICIDADE CRÔNICA	Pode ser nocivo se ingerido e penetrar nas vias respiratórias com pneumonite química.
TOXICIDADE AGUDA: INALAÇÃO	

Fonte: Cameo Chemicals (2021).

### 11.3.4 Identificação dos perigos

Este capítulo apresenta o levantamento dos perigos por meio dos cenários e hipóteses acidentais, que foram construídos com base no histórico de acidentes ocorridos em instalações similares, conforme obtido por meio da consulta a bancos de dados ou referências bibliográficas específicas.

#### 11.3.4.1 Análise histórica dos acidentes ferroviários

O levantamento histórico dos acidentes em ferrovias é realizado com o objetivo de definir as frequências de ocorrência e os tipos de cenários a serem estudados.

Os acidentes ferroviários são eventos com consequências danosas ou até mesmo catastróficas, como, por exemplo, danos materiais, impactos ambientais, lesões corporais e mortes, que prejudicam a sociedade e maculam a imagem do setor (MIGUEL, 2018).

Para compor a análise histórica, foram utilizados dados de empreendimentos similares ou de órgãos oficiais (órgãos públicos), além das bases de dados internacionais confiáveis tais como *European Union Agency for Railways (ERA)* e *Federal Railroad Administration (FRA) U.S. Department of Transportation*. Desta forma, para o presente estudo, foram consultados bancos de dados oficiais com publicação nacionais e internacionais sobre acidentes ferroviários, sendo eles:

- Relatório sobre Segurança ferroviária da União Europeia 2020 (ERA, 2020);
- Relatório de Acidentes de trem do Departamento de transportes dos Estados Unidos 2021 (FRA, 2021)
- Relatório de Emergências Químicas atendidas pela CETESB em 2010. (CETESB, 2011).
- Sistema de Informações sobre Emergências Químicas (SIEQ) da Cetesb de 1978 até 2021 (CETESB, 2021).
- Relatório de acidentes ambientais registrados pelo IBAMA - 2015-2018 (IBAMA, 2014; IBAMA, 2020).
- Relatório de Acompanhamento de Acidentes Ferroviários - RAAF (ANTT, 2020)
- Anuário do Setor ferroviário da ANTT (2021).

Um sistema ferroviário inseguro tem impactos diretos e indiretos na sociedade. Os relatórios de investigação de acidentes, por meio do aprendizado pela experiência, aumentam o potencial de buscas por melhores práticas e implementação de medidas de segurança mais eficazes, porque visam identificar as suas causas e, também, as causas raízes atrás das causas diretas, e assim, permitir a adoção de medidas de prevenção e mitigação de acidentes (ERA, 2020).

No Brasil, todos os acidentes ferroviários ocorridos na malha ferroviária federal concedida devem ser comunicados à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), conforme estabelecem a Resolução ANTT nº 1.431/2006 e a Resolução ANTT nº 5.902/2020.

Os acidentes ferroviários geralmente têm grande impacto em termos humanos e financeiros, uma vez que, em muitos casos, resultam em morte ou alta morbidade. Os atropelamentos são a principal causa de fatalidade em acidentes ferroviários em todo o mundo e acarretam grande impacto econômico, ambiental e social (MIGUEL, 2020).



Segundo Relatório sobre Segurança ferroviária da União Europeia - UE (ERA, 2020), os custos totais de acidentes ferroviários em 2018 na UE foram cerca de 3,8 bilhões de euros, mais do que o dobro do número publicado em anos anteriores. Isso se deve, não pelo maior número de acidentes, mas, devido ao aumento significativo nos custos unitários de vítimas. Outros tipos de custo, como o de transferência modal ou perda de produtividade representaram apenas três por cento dos custos totais.

Dos 1721 acidentes ferroviários significativos nos países da UE-28 em 2018, foram registrados 885 mortos e 760 feridos graves. Ainda conforme ERA (2020) houve uma constante redução no número de acidentes significativos (graves) e o número de vítimas no período de 2010-2018.

Os acidentes ferroviários podem ser divididos quanto à natureza ou causa, em relação aos primeiros, destaca-se o: descarrilamento, atropelamento, colisão (choque entre veículos ferroviários), abalroamento (choque entre veículos ferroviário e rodoviário), explosão e incêndio. Já quanto à causa, são previstas as seguintes hipóteses: falha humana, via permanente, material rodante, sistemas de telecomunicação, sinalização e energia, atos de vandalismo e casos fortuitos ou de força maior (MIGUEL, 2020).

Os acidentes graves são aqueles que envolvem o transporte de passageiros, de produtos perigosos ou que acarretem morte, lesão corporal, interrupção do tráfego a partir de determinados limites, prejuízo superior a determinado valor (reajustável a cada ano), dano ambiental ou outros danos de impacto à população. O modal ferroviário possui uma característica peculiar que é a capacidade de transportar grandes volumes de diferentes produtos em uma única composição. Esses produtos podem ser substâncias químicas perigosas, que quando liberadas no meio podem ocasionar graves impactos em diferentes ambientes expostos ao risco ao longo do traçado de uma ferrovia. O transporte ferroviário de produtos perigosos oferece um potencial de impacto maior que o rodoviário, visto que o volume transportado por um caminhão é de 15 a 30 m<sup>3</sup>, inferior ao transportado por um vagão, que pode variar de 40 a 60 m<sup>3</sup> (SOUZA, 2011).

Apesar das diferenças estruturais dos países, o nível geral de segurança do sistema ferroviário deveria ser sempre comparado entre si, visando tornar o modal ferroviário cada vez mais seguro em todos os países. Durante o período de 2014 a 2018, o sistema ferroviário da UE-28, junto com o Sul-coreano foram considerados os mais seguros.

O Brasil tem avançado muito no intuito de melhorar a segurança no transporte ferroviário de cargas e passageiros. Neste sentido, a Portaria SUFER/ANTT nº 144, de 4 de agosto de 2020, estabelece que, ao invés de classificar a causa apenas como "via permanente", agora há previsão de fratura de trilho, bitola aberta, empeno de agulha etc. Esse detalhamento permite identificar qual foi, de fato, a causa de um acidente, seja a causa primária, seja a causa contributiva. Isso é essencial para a obtenção de informações acuradas a respeito dos riscos existentes no sistema ferroviário federal, a fim de permitir a adoção de medidas de segurança.

Segundo relatório de acidentes do IBAMA, no período entre 2006 e 2014 foi registrado um total de 4713 eventos caracterizados como acidentes ambientais. O modal rodoviário e ferroviário foram os que registraram as maiores ocorrências de acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no



ano de 2014 (IBAMA, 2014). Neste mesmo relatório, a ocorrência de registro envolvendo acidentes ferroviários no ano de 2012 foi de 82 acidentes para 101 no ano de 2013. Já em 2014 esse número reduziu para 85 acidentes ferroviários. As regiões Sudeste e Sul foram as principais em termos quantitativos de acidentes ferroviários, representando 44,7% e 36,4% respectivamente. A região Centro-Oeste aparece em terceiro lugar com 9,4%. Segundo dados do Ministério da Infraestrutura e da ANTT, grande parte da malha ferroviária do Brasil está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, predominando o transporte de cargas e, o que justifica o maior número de acidentes nestas regiões.

No estado de São Paulo, as informações sobre os atendimentos realizados pela CETESB são disponibilizadas no Sistema de Informações sobre Emergências Químicas da CETESB (SIEQ). No período de 1978 até julho de 2021 constam 176 registros de acidentes ambientais referente ao transporte ferroviário. As causas são diversas: abalroamento, incêndios, tombamento, colisão/choque, falha mecânica, falha operacional e o de maior frequência que é o descarrilamento. Nesses acidentes há predominância do vazamento de substâncias classe 3 - líquidos inflamáveis, atingindo água, flora, fauna, solo e ar (CETESB, 2021).

Apesar dos dados históricos contemplarem acidentes ocorridos em duas, três ou mais décadas passadas, é fundamental um olhar para o momento presente e mais próximo da realidade atual. No Relatório de Acidentes Ambientais do IBAMA 2015-2018 são registradas as tipologias de acidentes ocorridos em rodovia, plataforma, ferrovia, embarcações, indústrias, entre outros. Nota-se um padrão entre os anos de 2015 e 2017, em que as três tipologias mais registradas são, respectivamente: Rodovia, Plataforma e Ferrovia. Nesse período os acidentes ferroviários sempre ficaram em 3º lugar ( $\approx 18\%$ ), quando comparado aos acidentes ocorridos em rodovias ( $\approx 31\%$ ) e plataformas ( $\approx 21\%$ ). A tipologia rodoviária facilmente se justifica dada a magnitude da malha brasileira. Em 2018 os acidentes ferroviários reduziram para 10%, em comparação ao percentual das demais tipologias analisadas (IBAMA, 2020). Ainda, segundo o Relatório de Acompanhamento de Acidentes Ferroviários - RAAF da ANTT, os índices de acidentes têm reduzido de maneira significativa, quando comparado, ano a ano, de 2006 a 2020, sendo que em 2006 o índice médio de acidentes ferroviários era 44,46 e em 2019 atingiu 15,17, representando uma redução superior a 65,8% (RAAF, 2020).

Outro fato importante e de grande avanço para o setor ferroviário, foi lançamento em 2021 pelo Ministério de Infraestrutura do polo de inovação, denominado Centro de Excelência em Tecnologia Ferroviária (CETF), administrado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). O CETF destina-se ao desenvolvimento de pesquisas e projetos que contribuam com o incremento da logística e do modal ferroviário no Brasil, visando fortalecer ainda mais o crescimento deste setor (MINFRA, 2021). Estas ações corroboram para o aumento da segurança do transporte ferroviário, conseqüente para redução do número de acidentes e mitigação dos eventos.

### 11.3.5 Hipóteses acidentais e análise dos riscos

Este capítulo apresenta o levantamento dos perigos por meio dos cenários e hipóteses acidentais indicando as áreas vulneráveis e as situações de risco embasado pela Análise Preliminar de Perigos (APP) e Análise Preliminar de Riscos (APR), bem como, a modelagem pelo software ALOHA®.



### 11.3.5.1 Identificação dos Perigos

A identificação de perigos e riscos busca verificar possíveis sequências de eventos acidentais, suas causas e consequências, por meio da aplicação de técnicas estruturadas, visando à obtenção de diagnóstico do local e à definição das hipóteses acidentais.

Nesta etapa foram identificados os principais tipos de ocorrência e, com que frequência tais eventos podem ocorrer, pois é uma informação relevante para o cálculo numérico do risco ambiental.

#### 11.3.5.1.1 Segurança do trabalho na Instalação de empreendimentos

Ambientes de trabalho em construção pesada sempre apresentam elevado grau de risco, razão pela qual se recomenda que a construtora mantenha ciclos de palestras sobre Ações de Saúde, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho.

Os acidentes acarretam consequências para a segurança, como perda de vidas ou danos físicos e os custos adicionais que estes trazem à obra, como indenizações, reparações de equipamentos danificados, não cumprimento de prazos, diminuição da produtividade, entre outros. É importante verificar, caso a caso, quais as situações em que a tomada de medidas é ou não indispensável de modo a diminuir o alcance dos danos, com demarcação das zonas mais propícias a serem afetadas.

Para fins de facilitar a análise dos perigos identificados, utilizou-se a classificação proposta por Gold (1998), que apresenta agrupamento dos principais perigos relacionados à segurança viária.

- Fatores Humanos: Fatores vinculados ao comportamento das pessoas envolvidas no acidente.
- Fatores Relativos aos veículos: Fatores relacionados à inadequação no estado operacional dos veículos envolvidos no acidente.
- Fatores relativos à Via Permanente/Meio Ambiente e Ambiente Construído: Fatores com vínculos nas características da via, da sinalização e meio ambiente relacionado ao acidente.
- Fatores Institucionais/Sociais: Fatores relacionados a características a regulamentação, fiscalização e gestão externa, que possam ter relação com o acidente.

Para a classificação dos riscos identificados, utilizou-se a concepção existente na Norma Regulamentadora NR-09 (BRASIL, 2017) com adaptações, de forma a considerar os seguintes riscos:

- Riscos físicos: as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom (Brasil, 2017).
- Riscos Químicos: as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão (Brasil, 2017).
- Riscos biológicos: as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros (Brasil, 2017).



- Riscos de acidentes: são todos os fatores que colocam em perigo o trabalhador ou afetam sua integridade física ou moral. São considerados como riscos geradores de acidentes: arranjo físico deficiente, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, eletricidade, incêndio ou explosão, animais peçonhentos, armazenamento inadequado dentre outros (Fiocruz, 2012).

Em um estudo apresentado por Diniz (2019), entre os riscos supracitados, o risco de acidente é apontado como de maior relevância pela própria peculiaridade em que, os fatores contribuintes apresentam para este tipo de risco. A atividade de “Carga e Descarga de material” foram considerados pelas possibilidades de tombamento de cargas, falhas no dimensionamento dos cabos de içamento etc. Trata-se geralmente de ocorrências de falhas de procedimentos operacionais. No macroprocesso “operação ferroviária” todas as ocorrências de fatores contribuintes de via permanente geram riscos de acidentes, basicamente relacionados a sinalização ferroviária. No macroprocesso “manutenção ferroviária” e “pátio ferroviário” foram registrados riscos gerados, igualmente ao primeiro macroprocesso, por conta da ocorrência de falhas em procedimentos operacionais.

Nos estudos de Diniz (2019), a análise de riscos físicos foi realizada em conjunto com os riscos químicos e, basicamente, referem-se ao funcionamento da área de manutenção ferroviária. A incidência de riscos químicos foi atribuída a serviços que podem envolver lavagem de peças de material rodante com o uso de substâncias químicas, também sendo identificado a incidência deste risco nos serviços de capinagem química e na formação de fumos nos processos de soldagem de trilhos.

Já nos registros de riscos físicos foi identificada nos serviços que apresentavam calor, ocorrências de vibrações e ruídos. Para a ocorrência de calor no macroprocesso de “manutenção ferroviária”, os serviços que envolvam soldagens de trilhos, montagem de trilhos longos soldados (TLS) e etc. Além disto, ocorrem os mesmos fenômenos para os serviços de manutenção de material rodante, foram identificados as vibrações e ruídos.

A fim de reduzir e atenuar as consequências de acidentes, assegurando condições necessárias à preservação da saúde dos trabalhadores das obras, tanto na etapa de construção como na operação da mesma, visando à capacitação dos canteiros com equipamentos de saúde, treinamentos deverão ser realizados. Estes treinamentos também servem para orientar as empresas subcontratadas no sentido de implementar medidas que previnam a ocorrência de acidentes no trabalho.

Desta forma, as ações deverão ser eminentemente preventivas, podendo, entretanto, funcionar como corretivas, na medida em que incorporam a prestação de primeiros socorros aos trabalhadores acidentados. Deverá ser instalado um ambulatório médico no canteiro de obras, com condições necessárias para prover os primeiros socorros aos trabalhadores e o seu encaminhamento aos serviços de saúde disponíveis na área.

O atendimento médico incluirá os exames laboratoriais obrigatórios na contratação dos trabalhadores, para o controle das doenças endêmicas, bem como a adoção prática de exames médicos dos candidatos a emprego, para evitar a admissão de portadores de doenças contagiosas.



### 11.3.5.1.2 Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos (TFPP)

Na análise de riscos no Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos (TFPP) é essencial garantir um nível de segurança ferroviário adequado para usuários e população lindeira. O conhecimento das situações de riscos e áreas vulneráveis permite planejar ações de emergências e treinar previamente as comunidades possivelmente envolvidas no acidente.

Não obstante, diversas lacunas e deficiências no cumprimento de leis e normas de segurança que, na maioria dos casos, promovem os eventos acidentais que podem se transformar em acidentes graves ou não, dependendo das respostas aos mesmos. A prática mostra que a probabilidade de ocorrência de eventos acidentais com trens de cargas transportando produtos perigosos é relativamente baixa, quando comparado aos demais acidentes com veículos nas rodovias, mas quando acontecem, provocam forte impacto social, seja pelo número de vítimas diretas e indiretas envolvidas, seja pelo dano ambiental provocado.

Como exemplo, tem-se o tombamento de uma carga de óleo combustível que escoou pela rede de drenagem e, em seguida, provoca impacto poluindo a bacia hidrográfica por meio de um rio receptor da drenagem da ferrovia, responsável pelo abastecimento de comunidades e fazendas (gado e plantações).

Nesse caso, os impactos são considerados de grande magnitude e os ônus decorrentes dos trabalhos de contenção do óleo com barreiras e retirada da poluição geralmente recai sobre o poder público (defesa civil, órgãos ambientais, bombeiros, entre outros), com enorme repercussão nos meios de comunicação (jornais e televisão). Este fato degrada o meio ambiente e afeta parcela da população envolvida. Tudo porque o risco do acidente, no segmento considerado crítico daquela ferrovia, não foi preventivamente levantado e estudado a sua mitigação, isto é, não era conhecido até o momento do acidente.

Essa situação leva à necessidade de avaliar cuidadosamente o risco provável de ocorrência de acidentes ao longo da ferrovia, considerando-se seus segmentos e pontos críticos e, em seguida, propor medidas coercitivas e corretivas para preveni-los da ocorrência de acidentes, ou ao menos reduzir o impacto socioambiental a um nível suportável.

O risco que a população lindeira à ferrovia como um todo está submetido na passagem de um trem contendo um produto perigoso é chamado de risco social, definido abaixo.

$$\begin{aligned} \text{Risco social} &= \text{frequência (eventos / ano)} \times \text{magnitude (consequências por evento)} \\ &= \text{consequências / ano} = \text{fatalidades} \times \text{ano} - 1 \end{aligned}$$

No levantamento de campo foram observados os principais segmentos e pontos críticos com alta possibilidade de ocorrência de acidentes, decorrentes de situações:

- Geomorfológicas: taludes perigosos, rampas, curvas fechadas;
- Ambientais: nevoeiros e chuvas torrenciais;
- Operacionais da via: cruzamentos perigosos e obras de arte estreitas.

Dentro da abrangência geográfica definida da área de influência, se considerou os principais produtos perigosos que trafegam na ferrovia com suas propriedades levantadas e conhecidas.

### 11.3.5.2 Caracterização das ocorrências

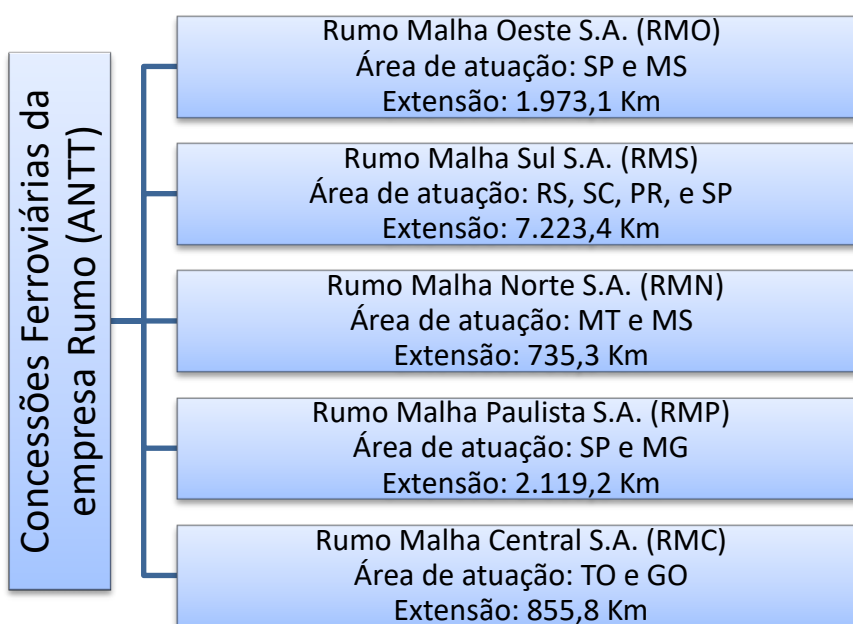
De acordo com a Resolução 5.902/2020, acidente ferroviário é a ocorrência que, com a participação direta de veículo ferroviário, pode provocar danos a este, a pessoas, a outros veículos, a instalações, a obras de arte, à via permanente, ao meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, a animais.

Para levantar os tipos de ocorrências envolvendo acidentes ferroviários e suas principais causas, buscou-se no Anuário do Setor Ferroviário da ANTT os principais acidentes ocorridos com as concessões ferroviárias da RUMO.

O Anuário do Setor Ferroviário da ANTT apresenta um conjunto detalhado de tabelas com informações de todas as concessionárias e subconcessionárias comparativamente às metas anuais de produção por trecho e redução de acidentes estabelecidas para cada ano de referência. Essas informações abrangem o período entre janeiro de 2006 a dezembro de 2020.

A Empresa Rumo possui cinco (05) concessões com áreas de atuação e extensões diferentes (Tabela 11.11). Cada concessionária tem uma sigla específica, em que são apresentadas nas tabelas do anuário, sendo que as siglas da empresa Rumo são: RMO - Rumo Malha Oeste; RMS - Rumo Malha Sul (RMS); RMP - Rumo Malha Paulista; RMN - Rumo Malha Norte; RMC - Rumo Malha Central (ANTT, 2021).

Figura 11.12. Lista de Concessões Ferroviárias da empresa Rumo (ANTT, 2021).



O levantamento do número de Acidentes de Transporte Ferroviário de Cargas, por Causa e o Número de Acidentes Graves de Transporte Ferroviário de Cargas, por Consequência, da empresa Rumo

*Handwritten signatures and initials in purple ink.*



constam cadastradas no anuário da ANTT (2021), referentes ao período de 2006 a 2020, são apresentadas na Tabela 11.19 a Tabela 11.22.

Tabela 11.19. Causas e número de Acidentes de Transporte Ferroviário de Cargas - Concessionárias RUMO (RMS, RMO, RMP, RMN, 2006 a 2020) - Total de acidentes e Falha humana

ANO	ACIDENTES DE TRANSP. FERROVIÁRIO DE CARGAS				ACIDENTE CAUSA: FALHA HUMANA			
	RMS	RMO	RMP	RMN	RMS	RMO	RMP	RMN
2006	37	3.355	4.221	1	1	0	4	0
2007	54	2.690	3.473	1	0	0	0	0
2008	40	3.235	5.229	0	0	0	0	0
2009	93	2.778	4.917	3	0	0	0	0
2010	103	4.430	6.719	7	23	3	4	2
2011	195	4.421	7.490	15	11	4	4	1
2012	183	3.932	5.702	16	4	1	2	2
2013	207	4.625	5.336	20	2	0	3	0
2014	194	5.600	5.440	19	2	1	5	1
2015	288	4.560	4.734	25	14	2	5	2
2016	184	3.505	6.013	13	6	0	4	0
2017	201	4.046	4.051	14	3	0	5	1
2018	217	4.323	5.268	16	2	1	1	0
2019	276	3.510	5.818	15	2	0	0	0
2020	233	2.460	8.098	10	3	0	1	0

Fonte: ANTT (2021)

Tabela 11.20. Causas e número de Acidentes de Transporte Ferroviário de Cargas - Concessionárias RUMO (RMS, RMO, RMP, RMN, 2006 a 2020) - Causas: Material Rodante e Sinalização

ANO	ACIDENTE CAUSA: MATERIAL RODANTE				ACIDENTE CAUSA: SINALIZAÇÃO TELE. ELETRO			
	RMS	RMO	RMP	RMN	RMS	RMO	RMP	RMN
2006	0	2	4	1	0	0	0	0
2007	0	1	2	0	0	0	0	0
2008	1	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	8	1	5	1	0	0	1	0
2011	15	9	19	5	1	0	0	0
2012	2	6	11	2	0	0	0	0
2013	5	11	11	5	0	0	0	0
2014	6	8	14	4	2	0	0	0
2015	18	7	16	11	0	0	2	0
2016	23	4	5	4	1	0	0	0
2017	7	2	4	5	0	0	0	0
2018	9	0	6	2	0	0	0	0
2019	14	0	4	1	0	0	0	0

ANO	ACIDENTE CAUSA: MATERIAL RODANTE				ACIDENTE CAUSA: SINALIZAÇÃO TELE. ELETRO			
	RMS	RMO	RMP	RMN	RMS	RMO	RMP	RMN
2020	8	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: ANTT (2021)

Tabela 11.21. Causas e número de Acidentes de Transporte Ferroviário de Cargas - Concessionárias RUMO (RMS, RMO, RMP, RMN, 2006 a 2020) - Causas: Via Permanente e Atos de Vandalismo

ANO	ACIDENTE CAUSA: VIA PERMANENTE				ACIDENTE CAUSA: ATOS DE VANDALISMO			
	RMS	RMO	RMP	RMN	RMS	RMO	RMP	RMN
2006	0	5	6	0	0	5	1	0
2007	5	1	1	0	1	1	1	0
2008	2	0	0	0	1	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	28	3	22	2	2	3	0	0
2011	49	30	66	4	1	30	2	0
2012	58	47	46	9	0	47	3	0
2013	59	24	36	9	1	24	0	0
2014	66	21	34	6	2	21	1	0
2015	116	28	38	7	6	28	1	1
2016	44	4	5	5	0	4	1	0
2017	47	19	12	3	1	19	0	0
2018	31	20	8	3	2	20	1	2
2019	57	23	10	2	0	23	1	0
2020	13	10	7	1	1	10	0	0

Fonte: ANTT (2021)

Tabela 11.22. Causas e número de Acidentes de Transporte Ferroviário de Cargas - Concessionárias RUMO (RMS, RMO, RMP, RMN, 2006 a 2020) - Causas: Casos fortuitos e Interferência de terceiro

ANO	ACIDENTE CAUSA: CASOS FORTUITOS / FORÇA MAIOR				ACIDENTE CAUSA: INTERFERÊNCIA DE TERCEIRO			
	RMS	RMO	RMP	RMN	RMS	RMO	RMP	RMN
2006	36	7	29	0	0	0	0	0
2007	48	2	16	1	0	0	0	0
2008	35	1	8	0	0	0	0	0
2009	6	0	3	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	6	1	4	0
2011	1	0	0	0	37	7	18	2
2012	0	0	0	0	115	16	80	3
2013	0	0	0	0	137	14	71	5
2014	0	0	0	0	114	12	52	8
2015	35	0	0	0	93	10	68	4
2016	100	7	60	3	10	2	4	1
2017	143	6	53	5	0	0	0	0
2018	173	14	84	9	0	0	0	0
2019	203	15	87	12	0	0	0	0
2020	208	4	84	9	0	0	0	0

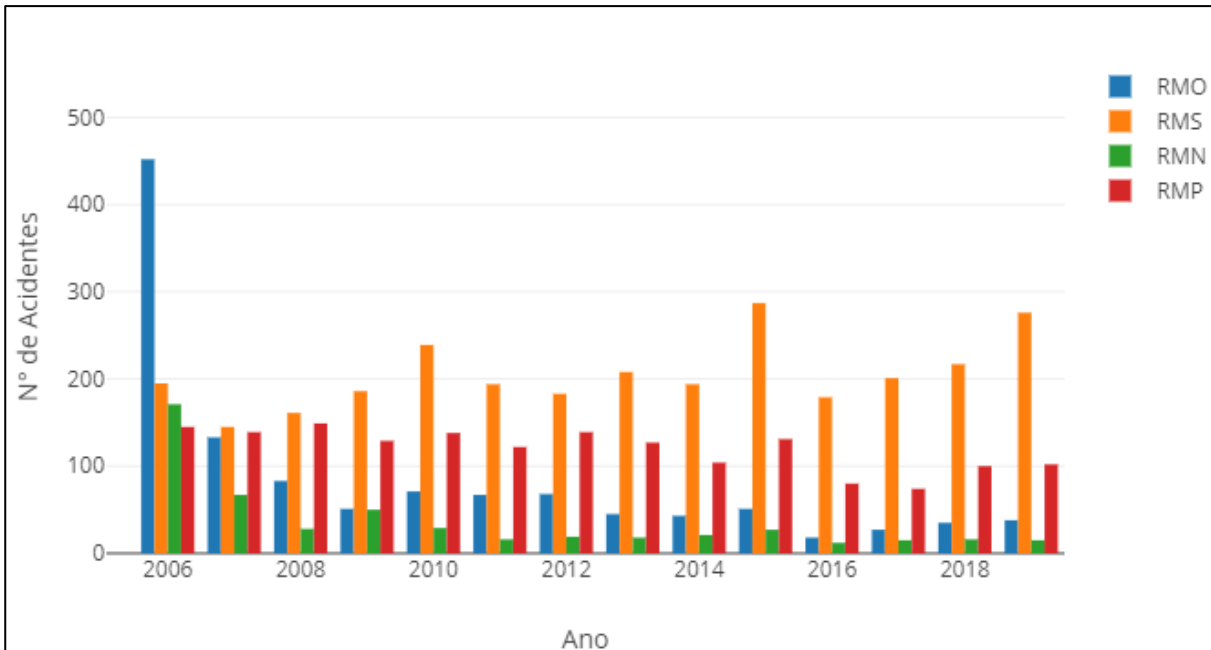
Fonte: ANTT (2021)

Handwritten signatures and initials on the right margin of the table, including a large signature at the top and several smaller ones below.



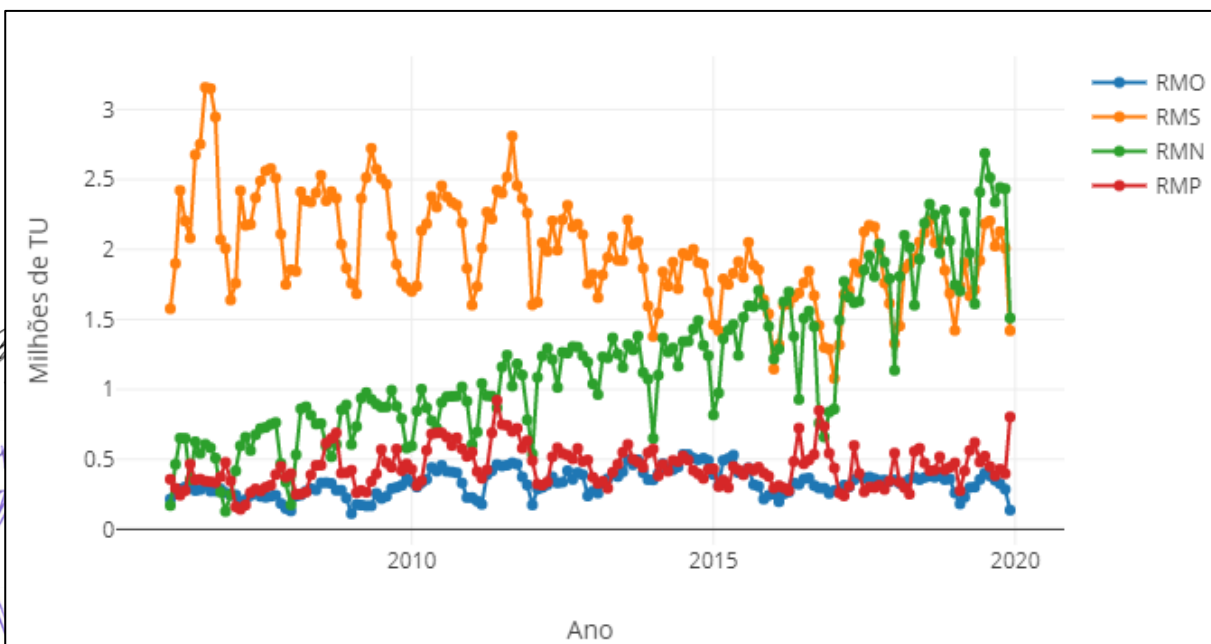
A Figura 11.13 e a Figura 11.14 apresenta o gráfico com o número de acidentes e a produção de transporte ferroviário de cargas, em Toneladas Úteis (TU), respectivamente período 2006 a 2020 da RUMO.

Figura 11.13. Número de acidentes na ferrovia da RUMO.



Fonte: ANTT (2021)

Figura 11.14. Produção de transporte nas ferrovias de concessão da RUMO.



Fonte: ANTT (2021)

*Handwritten signatures and initials in blue ink.*



### 11.3.5.3 Avaliação dos Riscos

Organizações de todos os tipos e tamanhos enfrentam uma série de riscos que podem afetar a realização de seus objetivos. Estes objetivos podem estar relacionados a uma série de atividades da organização, desde iniciativas estratégicas até suas operações, processos e projetos, e se refletir em termos de resultados para a sociedade, ambientais, tecnológicos, de segurança, medidas comerciais, financeiras e econômicas, bem como impactos sociais, culturais, políticos e na reputação. Todas as atividades de uma organização envolvem riscos que devem ser gerenciados (ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012).

O processo de avaliação de riscos envolve selecionar e acordar uma ou mais opções pertinentes para alterar a probabilidade de ocorrência, o efeito dos riscos, ou ambos, e a implementação destas opções. A avaliação dos riscos da ferrovia fornece aos tomadores de decisão, às partes responsáveis e aos órgãos de fiscalização, um entendimento aprimorado de como os riscos podem afetar as atividades desenvolvidas pelo transporte ferroviário da região em estudo, bem como, indicar adequação e eficácia dos controles em uso.

A avaliação dos riscos fornece uma base para decisões sobre a abordagem mais apropriada a ser utilizada para tratar os riscos.

Neste EAR, no transporte de produtos perigosos, para avaliação dos riscos nos acidentes ferroviários e de suas possíveis consequências foi utilizado como parâmetro analítico os líquidos inflamáveis: óleo diesel, gasolina, etanol anidro/hidratado (Classe 3).

#### 11.3.5.3.1 Situações típicas de acidentes ferroviários

Segundo o relatório executivo do Anuário do Setor Ferroviário (ANTT, 2018), os índices de acidentes ferroviários tiveram redução de aproximadamente 85% na última década.

Neste EAR foram considerados como tipo de ocorrências, quanto à natureza, os principais acidentes ferroviários descritos por Frazão (2018), na Resolução 5.902/2020 e nos dados obtidos no Sistema de Informações sobre Emergências Químicas (SIEQ) da CETESB no modal ferroviário CETESB (2021). Entre eles destacam-se:

- **Abalroamento (colisão/choque):** é o acidente que acontece em passagem de nível ou fora de passagem de nível, onde há a colisão de um trem com outro meio de locomoção terrestre (carro, caminhão, entre outros).
- **Atropelamento de Animais com Impacto:** Esse tipo de ocorrência ocorre quando um trem atropela um animal de grande porte, que, em sua maioria, acontece com o atropelamento de bovinos devido à linha férrea cruzar campos cercados por fazendas ou zonas rurais.
- **Atropelamento pessoas:** Esse tipo de ocorrência acontece quando o trem de serviço atropela uma pessoa que está no centro da linha férrea, seja por distração ou por intenção/suicídio.
- **Descarrilamento:** é todo evento em que uma ou mais rodas de um veículo ferroviário (locomotiva, vagão, auto de linha etc.) saltam do boleto da linha e faz contato com o solo. Quando tem um descarrilamento, há sempre algum dano à via permanente.
- **Esbarro:** Impacto entre veículos ferroviários, trens circulando ou manobrando em vias distintas, podendo um deles estar parado.



- **Semi Tombamento - Adernamento:** tombamento parcial - é a ocorrência ferroviária que, por motivos diversos, resulte na inclinação lateral parcial do veículo ferroviário (locomotiva, vagão, auto de linha etc.) - menor que 90 graus em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário, em que o veículo não possui nenhum tipo de apoio, inclinado por gravidade.
- **Tombamento:** é a ocorrência ferroviária que, por motivos diversos, resulta na inclinação lateral total do veículo ferroviário (locomotiva, vagão, auto de linha etc.) em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário. Quando há um tombamento, também há danos à via permanente.
- **Explosão:** quando ocorrer inesperada e violenta liberação de energia.
- **Incêndio:** ocorrência de fogo em material rodante, via permanente ou faixa de domínio.

Os acidentes ferroviários também são classificados quanto à causa em:

- **Interferência de terceiros:** quando decorrente de atos de vandalismo ou de efeitos provenientes de outras ações de terceiros sobre a infraestrutura ou a operação da ferrovia;
- **Falha humana:** quando decorrente de omissão ou erro em ato de agente na condução, manobra, comunicação ou inserção de dados e informações em sistema, ou demais atividades ligadas à operação ferroviária;
- **Gestão:** quando decorrente de insuficiência, inadequação ou omissão de ações preventivas de minimização de riscos;
- **Sistemas:** quando decorrente de acionamento ou funcionamento de dispositivos de sinalização de via permanente ou de passagem em nível, comunicação, energia ou de informática, em desacordo com o previsto em projeto;
- **Material rodante:** quando decorrente da existência de defeito em componentes de veículo ferroviário;
- **Via permanente:** quando decorrente da existência de defeito de geometria, de seus componentes, inclusive de obras de arte;
- **Caso fortuito ou força maior:** evento proveniente de ato humano imprevisível e inevitável ou evento proveniente de ato humano ou fato natural que, embora possam ser previsíveis, não podem ser evitados.

Na identificação das possíveis causas de ocorrência de acidentes foram considerados os 8 trechos do traçados na fase de concepção Ferrovia LRV (Tabela 11.5). Nestes trechos foram observados locais onde há passagem com o tráfego de veículo, presença de residências, assentamentos, restaurantes, indústrias e postos de abastecimento de combustíveis; além das curvas, pontes existentes na ferrovia e intersecções.

#### 11.3.5.3.2 Conflitos de tráfego em Intersecções

No caso das intersecções, os conflitos de tráfego são categorizados por tipo de manobra (que estão relacionados, por sua vez, com as classificações de tipos de acidentes usuais).

Mantendo sempre a perspectiva do segundo usuário, os conflitos principais em intersecções são conflitos veiculares; em travessias - conflitos com pedestres.

- Geometria da via permanente

Geometria da via é o traçado em planta, o perfil longitudinal e transversal da via. O objetivo final da manutenção da Via Permanente é o de assegurar às linhas uma geometria compatível com os padrões exigidos de conforto e segurança.

Segundo Nabais (2014), a via férrea é um sistema de transporte terrestre, autoguiado, onde o veículo rodante se desloca com rodas de aço, sobre vigas contínuas longitudinais, também de aço, as quais são denominadas de trilhos. Ele afirma ainda, que a ferrovia é composta basicamente por dois subsistemas, o rodante e o da via permanente.

Além de seus componentes gerais de superestrutura e infraestrutura, a via é um sistema que necessita de extremo cuidado com suas geometrias, visto que para o bom desempenho e segurança das vias, é de grande importância que estas estejam conservadas dentro dos limites de dimensões para as quais foram projetadas.

Teoricamente, a via férrea só deveria ter que suportar os esforços normais, resultantes dos pesos dos veículos e a força centrífuga exercida por estes, nas curvas. Na prática, porém, a ação dos esforços normais é modificada pelos esforços “não normais” que desempenham importante papel na solicitação da via e derivam das características inerentes à mesma e têm relação com as peculiaridades construtivas da própria via e do material rodante.

De modo geral, os esforços atuantes derivam da ação das cargas estáticas e dinâmicas e nesse caso dos diversos movimentos a que estão sujeitos os veículos em seu deslocamento sobre a linha. De uma forma mais objetiva podemos agrupar os esforços atuantes na via em três categorias principais:  
- Esforços Verticais; - Esforços Longitudinais e - Esforços Transversais.

Em uma via ferroviária percorrendo uma trajetória circular num plano horizontal, a força centrífuga deslocará o veículo no sentido do trilho externo, provocando um forte atrito através dos frisos das rodas. Dependendo da intensidade dessa força centrífuga poderá ocorrer o tombamento do veículo (WANKE, 1978).

Para contrabalançar o efeito nocivo da força centrífuga, inclina-se a via ferroviária de um ângulo  $\alpha$ , elevando o trilho externo da curva, através da inclinação do dormente de modo a criar uma componente que equilibre a força centrífuga.

Diferentemente das rodovias, trechos excessivamente longos em tangentes são convenientes para ferrovias. Devido às características de operação de composições ferroviárias é preferível que tangentes longas sejam adotadas como unidades básicas de projeto no traçado das vias permanentes.

De modo geral, os pontos de curva e declividade merecem especial atenção. As ferrovias têm exigências mais severas quanto às características das curvas que as rodovias. A questão da aderência nas rampas, a solidariedade rodas-eixo e o paralelismo dos eixos de mesmo truque impõem a necessidade de raios mínimos maiores que os das rodovias. Os dados existentes sobre os acidentes





ocorridos nas ferrovias estão intrinsecamente ligados a áreas com elevada declividade e regiões de curva, associados a falhas humanas.

Para fins de análise das situações típicas de acidentes em vias férreas, nas hipóteses acidentais e avaliação dos riscos, foi considerado o cumprimento de todas as atividades que serão desenvolvidas na construção da Ferrovia, conforme compõem os Projetos Básicos para Expansão da Malha Norte, descritos pela ENEFER e ENGEMAP. Para isto foram considerados os documentos apresentados: Relatório Final do Projeto Geométrico; Relatório Final do Projeto de Superestrutura; Plano de Execução de Obras; Projeto de Infraestrutura; e, Relatório Operacional.

Em grande parte do percurso da Ferrovia é possível observar que além dos seguimentos críticos representados pelas curvas, em diversos trechos verifica-se a associação de fatores que potencializam a vulnerabilidade local, seja ambiental ou socioeconômica. Isso está evidenciado pela presença de córregos e nascentes, indústria e restaurante.

Todo e qualquer evento que traga dano humano, ambiental ou material sempre é um fator relevante a ser evitado e/ou mitigado com medidas preventivas e/ou corretivas. E, supracitado no Anuário do Setor ferroviário da ANTT (2021), abalroamento, incêndios, tombamento, colisão/choque, falha mecânica, falha operacional e descarrilamento são eventos que ocorrem com frequência nas ferrovias brasileiras. Nesse EAR priorizou-se o transporte de produtos perigosos Classe 3 - líquidos inflamáveis.

#### 11.3.5.4 *Análise Preliminar de Riscos (APR)*

A Análise Preliminar de Riscos - APR (do inglês: PHA - *Preliminary Hazard Analysis*), é um método de análise com o propósito de rapidamente reconhecer perigos na análise de um projeto/atividade. No caso da segurança ferroviária fez-se uma adaptação da metodologia APR de maneira a aplicá-la usando as informações de pontos e segmentos críticos de riscos de acidentes ferroviários, conforme descrito no levantamento histórico de 2006 a 2020 do Anuário do Setor Ferroviário da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

Os parâmetros de escolha e análise dos cenários de riscos foram baseados pelos serviços de implantação da ferrovia (Infraestrutura e Superestrutura) e no transporte ferroviário de cargas. Destaca-se que a descrição do empreendimento é apresentada no item 4.4.

SERVIÇOS	ATIVIDADE
Infraestrutura	Serviços Preliminares; Terraplenagem; Obras de arte correntes; Drenagem superficial e profunda; Obras de Arte Especiais; Obras Complementares (compreendendo Componente ambiental, Pavimentação, Passagens de Veículo, Passagens de Gado, Cercas e Sinalização rodoviária).
Superestrutura	Trilhos, acessórios e AMV's; Execução do sublastro; Montagem de Estaleiro de Solda para soldagem de trilhos; Montagem de Fábrica de Dormentes Monoblocos de Concreto; Soldagem de trilhos em estaleiro; Fabricação de dormentes monoblocos de concreto; Montagem de Instalação de britagem para fornecimento de lastro; Britagem e fornecimento de brita para lastro; Transporte de dormentes para a frente de serviço; Assentamento de dormentes; Transporte de trilhos soldados para frente de serviço; Assentamento de trilhos; Fixação dos trilhos nos dormentes; Colocação da segunda camada de 10 cm de lastro por meio ferroviário; Colocação da última camada de 10 cm de lastro por meio ferroviário; Nivelamento e alinhamento da via; Alívio de tensão e formação de trilhos longos soldados por meio de solda aluminotérmica; Acabamento da via.

SERVIÇOS	ATIVIDADE
Transporte Ferroviário de Cargas	As cargas a serem transportadas ao longo do período de subconcessão pela ferrovia podem ser categorizadas como: Bens de Utilização Industrial; Defensivos Agrícolas; Fertilizantes; Veículos e componentes de veículos automotores; Tintas e solventes; Madeira; Commodities agrícolas; Produtos para alimentação animal; Medicamentos e insumos farmacêuticos; Cosméticos; Produtos Perigosos.

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

APR consistiu em identificar os perigos significativos da Ferrovia de Integração Estadual e avaliar a consequência dos impactos causados por acidentes postulados decorrentes de eventos indesejados, pelo uso de escalas de avaliação de frequências e severidade dos eventos acidentais possíveis, colocados em uma matriz comparativa.

Assim, para a APR, foram levantadas situações típicas relacionadas a instalação do empreendimento e aos acidentes ferroviários com grandes liberações decorrentes de ruptura catastrófica e de furo em vagão-tanque, perda/liberação de produto com possibilidade de ignição gerando incêndios, explosão, danos pessoais e ao patrimônio. Essas situações estão, de modo geral, associadas às colisões/abalroamento, descarrilamento e tombamento por falha dos equipamentos da via permanente (trilhos, dormentes, juntas), descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana), avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão tanque), entre outros.

Acidente ferroviários pode trazer várias consequências negativas para a população, principalmente aquelas que residem próximas as linhas férreas, podendo trazer danos a comunidade local, havendo mortes e ferimentos causados pelos acidentes ou ainda transtornos causados por eles. Contudo, um acidente ferroviário não se restringe apenas a comunidade, pois ainda pode trazer consequências ambientais, fazendo com que contamine rios, solos, ar e águas subterrâneas. Além disso, ainda é preciso considerar os prejuízos financeiros, tais como a perda de materiais e bens, ou ainda multas impostas por órgãos governamentais decorrentes destes acidentes (MINUCELLI, 2017).

Os acidentes no transporte ferroviário de produtos perigosos oferecem um potencial de impacto elevado devido ao volume transportado por um único vagão variar de 40 a 60 m<sup>3</sup> (SOUZA, 2011) chegando até 103 m<sup>3</sup> de líquidos inflamáveis transportados. Dentre as causas dos acidentes ferroviários com produtos perigosos que puderam ser identificados e classificados, o descarrilamento representa a maior causa das ocorrências com aproximadamente 45%, seguido de tombamento com 11% e Colisão e/ou Choque com 7%, incêndio 5% e falha mecânica 2% (CETESB, 2021).

Produtos como açúcar, milho e soja, mesmo que não sejam considerados como produtos perigosos por sua composição físico-químicas, foram classificados nos seguintes casos uma vez que um produto perigoso é qualquer substância represente risco para a saúde das pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente. Ou seja, esses produtos em contato com outras substâncias tais como, óleo lubrificante, gasolina, ou ainda despejados em rios e lagos podem trazer danos para o meio ambiente e seres humanos.

A Tabela 11.23 apresenta a avaliação dos riscos para os cenários durante a implantação da ferrovia e para os cenários de acidentes ferroviários com liberação de líquidos inflamáveis e materiais sólidos.





Tabela 11.23. Avaliação dos riscos para cenários de Perigos relacionados a acidentes de ferroviários com liberação de líquidos inflamáveis, materiais sólidos perigosos e riscos durante a implantação da ferrovia

CENÁRIO	IMPLANTAÇÃO DA FERROVIA
	PERIGO
1	Emissão de Poluentes atmosféricos
2	Assoreamento de águas superficiais
3	Contaminação de águas superficiais e subterrâneas
4	Contaminação do solo
5	Alteração das características dinâmicas do relevo
6	Erosão superficial e nas encostas
7	Perda da cobertura vegetal nativa
8	Perda da diversidade biológica
9	Acidente com animais peçonhentos
10	Aumento dos níveis de ruído e vibração
11	Geração de efluentes no Canteiro de obras
12	Geração de resíduos sólidos e da construção civil
13	Acidentes de trabalho com a população local e temporária
CENÁRIO	ACIDENTES FERROVIÁRIOS
	PERIGO
15	Liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)
16	Liberação de líquido inflamável (Gasolina)
17	Liberação de líquido inflamável (Etanol Hidratado/Anidro)
18	Liberação de Material sólido perigoso (fertilizantes)
19	Liberação de Material sólido (grãos em geral)

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

Independente da frequência, todo e qualquer Perigo classificado em categorias de Severidade IV ou V, a classificação da Categoria do Risco - CR é Não tolerável (NT), ou seja, Não Aceitável e exige medidas/ações de controle mais rigorosas para mitigação e redução da probabilidade de ocorrência ou severidade das consequências.

- Severidade IV - Crítica: fatalidades ou lesões graves; danos severos a sistemas e ao patrimônio; e, danos ambientais severos com efeito localizado.
- Severidade V - Catastrófica: Múltiplas fatalidades e externas; danos catastróficos podendo levar à perda dos equipamentos e instalações; e, danos ambientais severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais.

A Tabela 11.24 apresenta a Análise Preliminar de Perigo (APP) e Análise Preliminar de Riscos (APR) identificando os principais perigos, causa e efeitos da etapa de implantação da ferrovia e a Tabela 11.25 apresenta a APP e APR para os acidentes ferroviários.

Os riscos associados à implantação da ferrovia, desde a instalação e operação, possuem impactos de severidade sobre as pessoas e as instalações (patrimônio) menores quando comparado aos danos

ocasionados com acidentes com produtos químicos perigosos, principalmente líquidos inflamáveis (Tabela 11.25).

Em relação aos riscos dos danos ambientais, os impactos devido às intervenções no ambiente apresentam categoria de risco maior e exigem medidas preventivas, mitigatórias e de salvaguarda mais expressivas.

De fato, nos cenários de riscos a acidentes na ferrovia e seu entorno, durante a instalação ocorrerá principalmente, a liberação de material particulado (poeira suspensa). As emissões, provenientes de fontes móveis como os veículos pesados e maquinários que circularão na ADA e AID poderão provocar um desconforto aos moradores, porém este impacto tem seu potencial reduzido pelo entorno ser ocupado por áreas predominantemente agrícolas e de vegetação nativa, e com baixa densidade populacional. Os riscos de assoreamento e contaminação das águas superficiais e subterrâneas ocorrerão em função, principalmente, da movimentação de solos necessários às obras. A possibilidade de intensificação dos processos erosivos, carreando sedimentos e material terroso para os cursos d'água provoca assoreamento dos rios, e isso poderá produzir interferências sobre os aspectos qualitativos dos cursos d'água. Aliado a isso, a geração e acondicionamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos, os possíveis vazamentos ou derramamentos de produtos acarretará também maior risco de contaminação dos solos. Durante a fase de instalação, a geração de resíduos da construção civil poderá favorecer a proliferação de espécies de interesse sanitário, pois o acúmulo de água parada, assim como de resíduos sólidos, propiciará ambientes para reprodução e refúgio destes organismos.

Diante disto, os programas de controle e as medidas mitigatórias são essenciais para que os riscos estejam dentro do aceitável e os seus danos sejam mitigados. Pela extensão da via e magnitude da obra, a ferrovia é uma obra de elevado impacto ambiental. Ciente deste fato, todos os métodos executivos da Infraestrutura para implantação da obra foram estabelecidos e detalhados de maneira a minimizar, dentro do possível, os efeitos danosos do empreendimento (item 4.4).



Handwritten signatures in blue ink, including the name "Michele Japime" and other illegible signatures.



Tabela 11.24. Análise Preliminar de Perigo (APP) e Análise Preliminar de Riscos (APR) – Implantação da ferrovia

Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
1	Emissão de poluentes atmosféricos	1. As emissões, provenientes de fontes móveis como os veículos pesados e maquinários que circularão na ADA e AID	1. Liberação de material particulado (poeira suspensa). 2. Desconforto aos moradores	E	I	M	I	M	III	NT	Medida Mitigadora: Manutenção Constante de Máquinas, Equipamentos e Veículos Visando Garantir as Boas Condições Operacionais.  Programa Ambiental para a Construção (PAC)- Subprograma de Monitoramento e Controle da Qualidade do Ar, Ruídos e Vibrações em Canteiros de Obras e Acessos.
2	Assoreamento de águas superficiais	1. Carreamento de sedimentos e material terroso para os cursos d'água devido à movimentação de solos necessários às obras	1. Assoreamento dos rios poderá produzir interferências sobre os aspectos qualitativos dos cursos d'água	E	I	M	I	M	III	NT	Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC)- Subprograma de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos em Canteiros de Obras e Acessos; Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD; Programa de Compensação Ambiental; Programa de Educação Ambiental; Programa de Gestão Ambiental (PGA); Programa de Controle e Monitoramento de Processos Erosivos na Etapa de Operação.
3	Contaminação de águas superficiais e subterrâneas	1. Associado à intensificação dos processos erosivos; 2. Terraplanagem 3. Geração e acondicionamento de	Aumento dos níveis de sólidos em suspensão nos corpos d'água locais durante as obras; Contaminação das águas	E	I	M	I	M	III	NT	Medida Mitigadora: Manutenção Constante de Máquinas, Equipamentos e Veículos Visando Garantir as Boas Condições Operacionais.  Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC); Programa de Gestão Ambiental (PGA);



Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		resíduos sólidos e efluentes passíveis de vazamentos ou derramamentos de produtos.									
4	Contaminação do solo	<ol style="list-style-type: none"> <li>Infiltração de efluentes provenientes do canteiro de obras, por contaminantes advindos de veículos e equipamentos, e por vazamentos acidentais.</li> <li>Processo de lixiviação de resíduos sólidos e de construção civil depositados no terreno de modo inadequado.</li> <li>Tombamentos e colisões podem contaminar o solo também</li> </ol>	1. Contaminação solo;	E	I	M	III	NT	III	NT	<p>Medida Mitigadora: Manutenção Constante de Máquinas, Equipamentos e Veículos Visando Garantir as Boas Condições Operacionais</p> <p>Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC);</p>
5	Alteração das características dinâmicas do relevo	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aterros, bem como adensamento de solos inconsolidados</li> <li>Pontes, bueiros, túneis e obras de contenção</li> </ol>	1.Redução dos escoamentos superficiais	E	I	M	I	M	IV	NT	Programa: Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD; Programa de Gestão Ambiental (PGA)
6	Erosão superficial e nas encostas	1. Exposição do solo (superficial, de alteração e estocado em pilhas) ou geração de taludes de corte e	<ol style="list-style-type: none"> <li>Assoreamento dos rios</li> <li>Interferências sobre os aspectos qualitativos dos cursos d'água</li> </ol>	E	I	M	I	M	IV	NT	Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC)- <i>Subprograma de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos em Canteiros de Obras e Acessos</i> ; Programa de Recuperação de Áreas



Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		de aterro e de áreas terraplanadas.								Degradadas – PRAD; Programa de Gestão Ambiental (PGA)	
7	Perda da cobertura vegetal nativa	1.Supressão de mata nativa	Degradação ambiental	E	I	M	I	M	III	NT	Programa: Programa de Gestão Ambiental (PGA); Programa de Apoio à Regularização e Realocação de Reservas Legais; Programa de Compensação Ambiental; Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD; Programa de Resgate de Flora
8	Perda da diversidade biológica	1.Supressão da vegetação, fragmentação dos habitats 2.Contaminação dos recursos hídricos 3.Alteração nos ecossistemas aquáticos	Perda da biodiversidade local.	E	I	M	I	M	III	NT	Medida: Implantação de Sistemas de Transposição da Fauna entre Remanescentes de Vegetação Nativa (“Passa-Fauna”) Programa: Programa de Resgate e Afugentamento de Fauna; Programa de Monitoramento de Fauna em Ecossistemas Marginais à Ferrovia; Programa de Gestão Ambiental (PGA).
9	Acidente com animais peçonhentos	1.Processo De Instalação 2.Acúmulo De Materiais De Construção 3.Construção De Outras Instalações	1.Mal-estar leves ou até severos; 2.Agitação, náuseas vômitos, diminuição da pressão sanguínea	E	II	M	I	M	II	M	Medida Mitigadora: Uso de EPIs pelos Funcionários para Prevenção de Acidentes com Animais Peçonhentos Programa: Programa de Apoio aos Serviços de Saúde, Programa de Capacitação da Mão-de-Obra, Programa de Gestão Ambiental (PGA); Programa de Comunicação Social.
10	Aumento dos níveis de ruído e vibração	1.Maior intensidade e frequência na fase de implantação, se comparada com as demais 2.Intenso fluxo de	1.Pode gerar desconforto à população 2.Migração de alguns pássaros mais sensíveis	E	II	M	I	M	IV	NT	Medida Mitigadora: Manutenção Constante de Máquinas, Equipamentos e Veículos Visando Garantir as Boas Condições Operacionais Programa: Programa de segurança e saúde do trabalhador; educação ambiental.

Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		maquinários e veículos pesados utilizados									
11	Geração de efluentes no Canteiro de obras	1.Instalação do canteiro de obras do Contorno Ferroviário	1.Geração de efluentes líquidos, tanto industriais quanto sanitários.	E	I	M	I	M	III	NT	Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC); Programa de Gestão Ambiental (PGA).
12	Geração de resíduos sólidos e da construção civil	1.Perdas de materiais de construção. 2.Entulhos, restos de árvores, resíduos de varrição não contaminados, sucatas, concreto, papelão, plásticos, embalagens de alumínio.	1.Contaminação solo e água	E	I	M	II	M	IV	NT	Programa: Programa Ambiental para a Construção (PAC)
13	Acidentes de trabalho com a população local e temporária	1.Movimentação de maquinários e equipamentos no canteiro de obra 2.Abertura de acessos e vias temporárias	1.Acidentes de trabalho com os trabalhadores, tais como: quedas, quebraduras, arranhões, atropelamentos e fatalidade.  2.Atropelamentos à população local.	E	IV	NT	III	NT	III	NT	Medida: Manutenção Constante de Máquinas, Equipamentos e Veículos Visando Garantir as Boas Condições Operacionais.  Programa: Programa de Comunicação Social; Programa de Capacitação da Mão-de-Obra; Programa de Gestão Ambiental (PGA); Programa de Apoio aos Serviços de Saúde



Tabela 11.25. Análise Preliminar de Perigo (APP) e Análise Preliminar de Riscos (APR) - Acidentes Ferroviários

Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
15	Liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	3. Colisão/Abalroamento entre composições 4. Descarrilamento e Tombamento por falha dos equipamentos da via permanente (trilhos, dormentes, juntas etc.). 5. Descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana etc.). 6. Avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão tanque etc.).	Perda de produto com probabilidade de ignição, gerando: 1. Incêndio; 2. Explosão; Danos severos pessoais e ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Contaminação do solo; 2. Contaminação dos corpos hídricos; 3. Poluição atmosférica; 4. Queima da vegetação.	E	IV	NT	IV	NT	IV	NT	As locomotivas contam com aviso sonoro via GPS em rota de colisão e são monitoradas pela central. A via permanente é inspecionada diariamente por "rondeiro" para identificação de avarias, além de ocorrer à inspeção semanal pelo supervisor do trecho. Em condições climáticas desfavoráveis a velocidade é restringida. Trecho com passagem em nível. Todos os equipamentos de bordo e de campo são do tipo Fail-Safe (Falha Segura) significando que qualquer falha conduz sempre a condição segura (parada da composição). Todas as composições circulam com o dispositivo EOT (End of Train) - dispositivo que identifica se a composição está completa. Instalar Detector de Descarrilamento e placas de alerta para visualizar o comportamento do trem em aproximação da passagem em nível inferior. Instalar contratrilhos na passagem em nível inferior e sobre pontes.
			Pouca liberação de produto. Danos leves pessoais; Danos ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Baixa contaminação do solo; 2. Baixa Contaminação dos corpos hídricos; 3. Sem poluição atmosférica;	C	II	T	IV	NT	III	M	
16	Liberação de líquido inflamável (Gasolina)	1. Colisão/Abalroamento entre composições 2. Descarrilamento e Tombamento por falha dos equipamentos da via permanente	Perda de produto com probabilidade de ignição, gerando: 1. Incêndio; 2. Explosão; Danos severos pessoais e ao	E	IV	NT	IV	NT	IV	NT	As locomotivas contam com aviso sonoro via GPS em rota de colisão e são monitoradas pela central. A via permanente é inspecionada diariamente por "rondeiro" para identificação de avarias, além de ocorrer a inspeção semanal pelo supervisor do trecho.

Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		(trilhos, dormentes, juntas etc.). 3. Descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana etc.). 4. Avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão tanque etc.).	patrimônio. Meio Ambiente: 1. Contaminação do solo; 2. Contaminação dos corpos hídricos; 3. Poluição atmosférica; 4. Queima da vegetação.								Em condições climáticas desfavoráveis a velocidade é restringida Trecho com passagem em nível. Todos os equipamentos de bordo e de campo são do tipo Fail-Safe (Falha Segura) significando que qualquer falha conduz sempre a condição segura (parada da composição). Todas as composições circulam com o dispositivo EOT (End of Train) - dispositivo que identifica se a composição está completa. Instalar Detector de Descarrilamento e placas de alerta para visualizar o comportamento do trem em aproximação da passagem em nível inferior. Instalar contratrilhos na passagem em nível inferior e sobre pontes.
			Pouca liberação de produto. Danos moderado pessoais; Danos ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Baixa contaminação do solo; 2. Baixa Contaminação dos corpos hídricos; 3. Baixa poluição atmosférica;	C	III	M	IV	NT	III	M	
17	Liberação de líquido inflamável (Álcool Hidratado/Anidro)	1. Colisão/Abalroamento entre composições 2. Descarrilamento e Tombamento por falha dos equipamentos da via permanente (trilhos, dormentes, juntas etc.). 3. Descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana etc.).	Perda de produto com probabilidade de ignição, gerando: 1. Incêndio; 2. Explosão; Danos severos pessoais e ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Contaminação do solo; 2. Contaminação dos corpos hídricos; 3. Poluição atmosférica; 4. Queima da vegetação.	E	IV	NT	IV	NT	IV	NT	As locomotivas contam com aviso sonoro via GPS em rota de colisão e são monitoradas pela central. A via permanente é inspecionada diariamente por "rondeiro" para identificação de avarias, além de ocorrer a inspeção semanal pelo supervisor do trecho. Em condições climáticas desfavoráveis a velocidade é restringida Trecho com passagem em nível. Todos os equipamentos de bordo e de campo são do tipo Fail-Safe (Falha Segura) significando que qualquer falha conduz sempre a condição segura (parada da composição). Todas as composições circulam com o dispositivo
			Pouca liberação de produto.	C	II	T	IV	NT	II	T	



Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		4. Avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão tanque etc.).	Danos moderado pessoais e ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Baixa contaminação do solo; 2. Baixa Contaminação dos corpos hídricos; 3. Baixa poluição atmosférica;								EOT (End of Train) - dispositivo que identifica se a composição está completa. Instalar Detector de Descarrilamento e placas de alerta para visualizar o comportamento do trem em aproximação da passagem em nível inferior. Instalar contratrilhos na passagem em nível inferior e sobre pontes.
18	Liberação de Material sólido perigoso (fertilizantes)	1. Colisão/Abalroamento entre composições 2. Descarrilamento e Tombamento por falha dos equipamentos da via permanente (trilhos, dormentes, juntas etc.). Descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana etc.).	Perda de grande quantidade de produto. Danos moderado pessoais e ao patrimônio Meio Ambiente: 1. Contaminação do solo; 2. Contaminação dos corpos hídricos.	E	II	M	III	NT	III	NT	As locomotivas contam com aviso sonoro via GPS em rota de colisão e são monitoradas pela central. A via permanente é inspecionada diariamente por "rondeiro" para identificação de avarias, além de ocorrer a inspeção semanal pelo supervisor do trecho. Em condições climáticas desfavoráveis a velocidade é restringida. Trecho com passagem em nível. Todos os equipamentos de bordo e de campo são do tipo Fail-Safe (Falha Segura) significando que qualquer falha conduz sempre a condição segura (parada da composição). Todas as composições circulam com o dispositivo EOT (End of Train) - dispositivo que identifica se a composição está completa.
		3. Avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão tanque etc.).	Pouca liberação de produto. Danos moderado pessoais e ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Baixa contaminação do solo; 2. Baixa Contaminação dos corpos hídricos;	C	II	T	III	M	III	M	
19	Liberação de Material sólido (grãos em geral)	Colisão/Abalroamento entre composições Descarrilamento e Tombamento por falha dos	Perda de grande quantidade de produto Danos severos pessoais e ao patrimônio.	E	IV	NT	IV	NT	IV	NT	As locomotivas contam com aviso sonoro via GPS em rota de colisão e são monitoradas pela central. A via permanente é inspecionada diariamente por "rondeiro" para identificação de avarias, além de

Nº	PERIGO	POSSÍVEIS CAUSAS	POSSÍVEIS EFEITOS	AVALIAÇÃO DO RISCO						OBSERVAÇÕES / RECOMENDAÇÕES	
				F	P		I		MA		
					S	CR	S	CR	S		CR
		equipamentos da via permanente (trilhos, dormentes, juntas etc.). Descarrilamento e tombamento por outros motivos (intempéries, vandalismo, falha humana etc.). Avarias no material rodante (roda, eixo, truque, freios, engates, vagão etc.).	Meio Ambiente: 1. Contaminação do solo; 2. Contaminação dos corpos hídricos; 3. Poluição atmosférica;								ocorrer a inspeção semanal pelo supervisor do trecho. Em condições climáticas desfavoráveis a velocidade é restringida. Trecho com passagem em nível. Todos os equipamentos de bordo e de campo são do tipo Fail-Safe (Falha Segura) significando que qualquer falha conduz sempre a condição segura (parada da composição). Todas as composições circulam com o dispositivo EOT (End of Train) - dispositivo que identifica se a composição está completa.
			Pouca liberação de produto. Danos moderado pessoais e ao patrimônio. Meio Ambiente: 1. Baixa contaminação do solo; 2. Baixa Contaminação dos corpos hídricos;	C	I	T	III	M	II	T	

Legenda = Frequência; P = Pessoas; I = Instalações/Equipamentos; MA = Meio Ambiente; S = Severidade; CR = Categoria de Riscos

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).



### 11.3.6 Medidas de recuperação e de descontaminação na hipótese de áreas contaminadas

Os perigos associados à liberação de substâncias químicas perigosas, de quaisquer classes de riscos (sólidos ou líquidos inflamáveis, corrosivos, tóxicos, oxidantes, entre outros), seja pelo processo acidental de colisão, abalroamento, descarrilamento, tombamento, avarias do material rodante; seja pelo processo de vazamento por acondicionamento incorreto; fato é que, a perda desses produtos no solo ou nos recursos hídricos traz muita preocupação em relação aos danos humanos, ambientais, e patrimoniais que eles podem causar, além da necessidade de recuperação e remediação destas áreas contaminadas.

Uma área é definida como contaminada quando contém concentrações de substâncias químicas ou resíduos introduzidos ou antropicamente ou acidentalmente ou até mesmo de forma natural, que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outros bens a proteger (PNRAC, 2020).

Conforme estabelecido pela CONAMA 420/2009, o gerenciamento de áreas contaminadas é composto por três etapas: identificação, diagnóstico e a intervenção. Essas etapas possibilitam compreender as condições locais, a extensão da contaminação e, caso haja risco, as principais medidas para mitigação/eliminação do perigo, principal objetivo do gerenciamento.

Dos produtos perigosos estudados neste EAR, a gasolina é o que apresenta maior risco tóxico devido à presença de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) e Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleados (HPA) em sua composição. E também possui maior poder calorífico, quando comparado ao Diesel e Etanol. Godoi e Godoi (2010); Lourenço, Cardoso e Mateus (2010) e Silva *et al.* (2002) relataram que os BTEX possuem alta capacidade de contaminar águas subterrâneas, pois fazem parte da porção da gasolina que é mais solúvel em água e móvel, além de serem conhecidos como carcinogênicos pela EPA (2017).

A gasolina e o óleo diesel são conhecidos como LNAPL (*Light Non-Aqueous Phase Liquid*), ou seja, são produtos imiscíveis e mais leves que a água, assim quando liberados no solo, dependendo do volume, eles podem migrar verticalmente até alcançar a água subterrânea. Uma vez em contato com a água subterrânea, as substâncias químicas da gasolina e do óleo diesel, principalmente aquelas mais solúveis como BTEX e HPA, sofrem o processo de diluição, podendo assim contaminar o meio subterrâneo e sofrer o processo de dispersão.

A escolha de uma técnica de remediação em um meio contaminado por derivados de petróleo é um processo bastante complexo, visto que é necessário determinar a extensão da contaminação, a concentração dos contaminantes na água subterrânea e no solo, as propriedades do produto, além das propriedades do meio contaminado. Desta forma, uma investigação detalhada refinada é essencial para o êxito na remediação de áreas contaminadas.

A seguir são apresentados alguns exemplos de técnicas que possam vir a ser utilizadas para a remediação de áreas contaminadas. No entanto, destaca-se que cada uma dela possui a sua especificidade e que para determinar a técnica de remediação mais adequada a uma área é necessário seguir o procedimento de gerenciamento de áreas contaminadas.



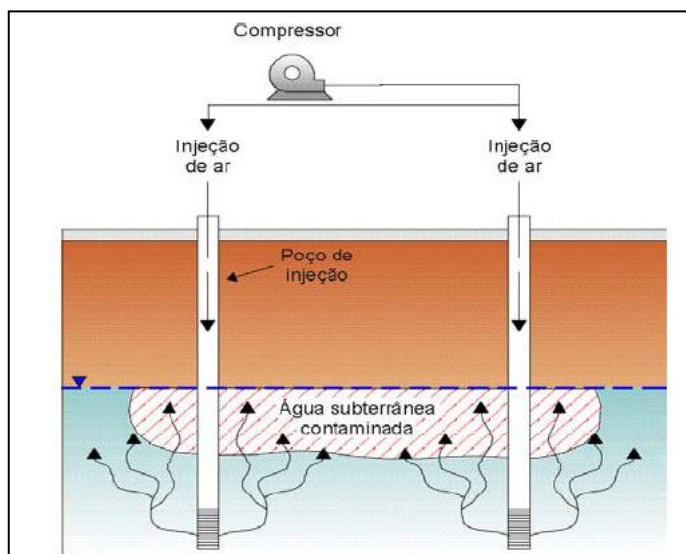
Para remediar áreas contaminadas por BTEX, podem ser aplicados processos químicos e, entre eles, os Processos Oxidativos Avançados (POA) têm sido amplamente utilizados para remediação de solo e águas subterrâneas, apresentando elevada capacidade de remover esses contaminantes (MEDINA et al. 2015). As técnicas baseadas em injeção de ar (*air sparging*), extração de vapores no solo (*soil vapor extraction*), extração multifásica, *biosparging* e processos oxidativos avançados (POA) são as mais utilizadas na remediação de regiões contaminadas por BTEX, especialmente em países desenvolvidos, como Estados Unidos, França, Alemanha.

### 11.3.6.1 Injeção de ar (Air Sparging - AS)

A injeção de ar (*air sparging*) é uma tecnologia *in situ* que consiste na introdução de ar comprimido com pressões e volumes controlados no interior do aquífero. O objetivo desta técnica é retirar as substâncias voláteis dissolvidas. Os BTEX são facilmente extraídos dessa forma, juntamente com Tricloroetano (TCE) e Tetracloroetano (PCE) (AREND; OLIVEIRA; ÁVILA, 2011).

A injeção de ar (Tabela 11.15) é um processo físico que utiliza o insuflamento de ar ou oxigênio na zona saturada do solo, incentivando o processo de biorremediação, no qual os microrganismos presentes no meio irão degradar os contaminantes (LOURO, 2010).

Figura 11.15. Técnica de Injeção de Ar - Air Sparging- As. (LOURO, 2010).



Fonte: LOURO (2010).

Esta técnica é indicada somente para o tratamento de meios contaminados por substâncias semi-voláteis e voláteis que estão sorvidas na superfície contínua do subsolo, visto que não é eficaz para a remoção de fase residual, pois bloqueia os poros diminuindo a permeabilidade (SCHMIDT, 2010).

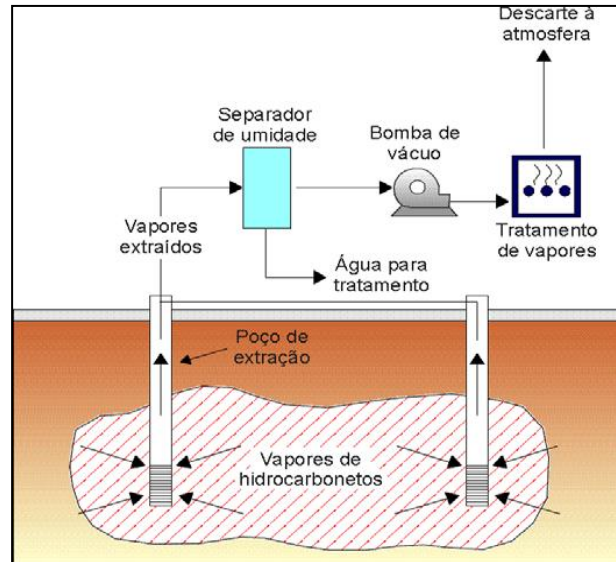
### 11.3.6.2 Extração de vapores (Soil Vapor Extraction – SVE)

A técnica *in situ* de extração de vapores no solo (Tabela 11.16) está relacionada com a remoção induzida de compostos orgânicos voláteis (COVs) situados na zona não saturada (zona vadosa) por meio da pressão negativa proporcionada pela bomba a vácuo. Esta técnica consegue remover os

*Michele Japimes*  
*Paulo*  
*João*  
*João*

hidrocarbonetos de petróleo pela volatilização e biodegradação, pois estimula a atividade das bactérias aeróbicas.

Figura 11.16. Técnica de Extração de Vapores do Solo - Soil Vapor Extraction – SVE.



Fonte: LOURO (2010).

No entanto, as limitações desse processo estão relacionadas com a sua aplicação, a qual deve ser realizada apenas na zona não saturada do solo (região que fica abaixo da superfície topográfica e acima do lençol freático), visto que é essencial que o solo tenha uma zona gasosa e o contaminante presente possua a capacidade de se converter em estado gasoso com a aplicação do vácuo. Os gases gerados nessa técnica devem, obrigatoriamente, ser tratados antes de serem eliminados para a atmosfera.

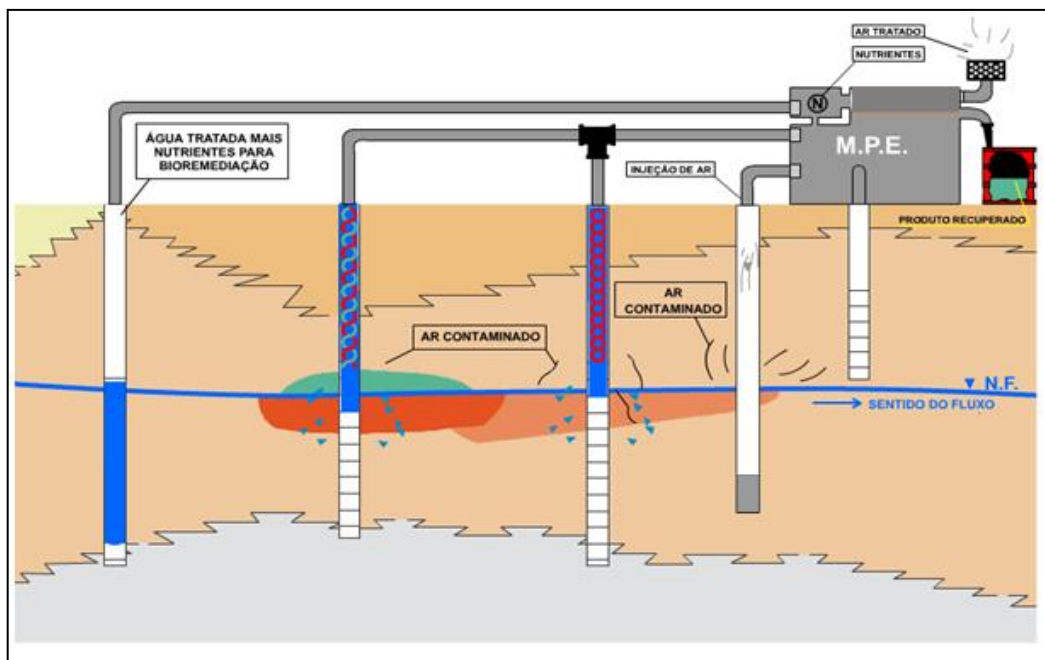
### 11.3.6.3 Extração Multifásica (MPE)

A técnica de extração multifásica, chamada de *dual-phase extraction* ou *bioslurping*, consiste na aplicação *in situ* e na utilização de bombas para extrair concomitantemente as diferentes fases de hidrocarbonetos. Esta tecnologia combina a bioventilação e remoção de massa a vácuo, permitindo a saída das fases livre, vapor e dissolvida; e estimulando a biodegradação natural.

Esta técnica pode ser combinada com o processo de injeção de ar, tornando um processo integrado e complexo que necessita de monitoração constante. A principal vantagem desta integração é a remoção dos contaminantes na fase dissolvida, livre e em vapores. A Figura 11.17 representa esquematicamente a técnica de extração multifásica.

*Handwritten signatures and initials:*  
 ✓  
 nicholas  
 Zund  
 SCL  
 JF

Figura 11.17. Técnica de Extração Multifásica – MPE (



Fonte: LOURO (2010).

A Extração Multifásica (MPE) associada com a bioventilação (introdução de oxigênio) é a segunda técnica mais utilizada em posto de combustíveis com passivo ambiental em Goiânia. Os postos que aderiram a esta técnica tiveram maior redução da contaminação (MACHADO e CUBAS, 2012).

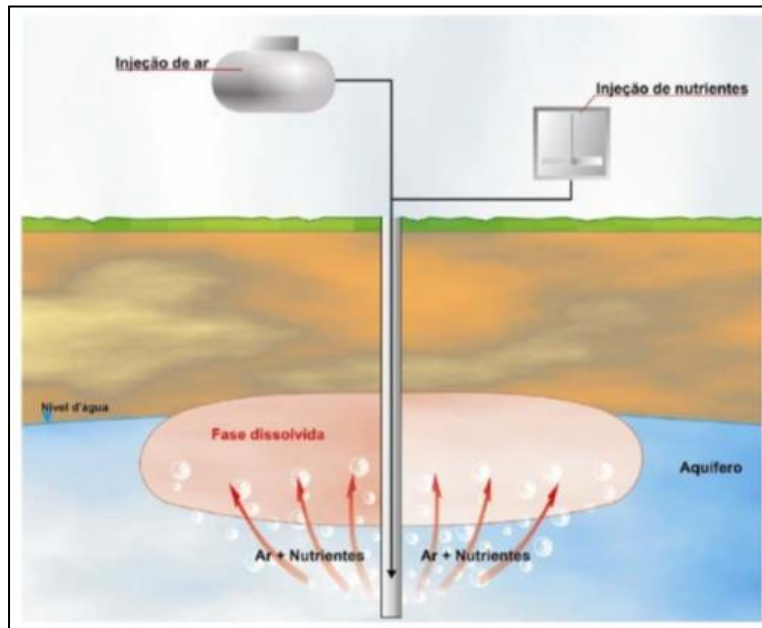
#### 11.3.6.4 Biosparging

*Biosparging* é uma técnica de biorremediação *in situ* (Figura 11.18) que tem como objetivo estimular os microrganismos por meio da injeção de ar e nutrientes para degradarem os contaminantes orgânicos na zona saturada (LOURO, 2010).

Os nutrientes utilizados são nitrogênio, fósforo e potássio, conhecidos comumente pela sigla: NPK. Esse processo minimiza os impactos dos processos oxidativos em relação aos microrganismos naturais do solo.

Handwritten signatures and initials in blue ink, including the name "Michelo Japime" and other illegible signatures.

Figura 11.18. Técnica de Biosparging



Fonte: LOURO (2010).

Essa técnica é semelhante à *Air Sparging*, porém enquanto a *Air Sparging* remove os contaminantes por volatilização; a *Biosparging* promove a biodegradação do contaminante ao invés da volatilização. Geralmente, a Biosparging é associada com a Extração de Vapores no Solo (SVE) (USEPA, 2004).

### 11.3.6.5 Barreiras reativas

Barreira Reativa Permeável constitui-se em uma técnica que vem sendo utilizada em diversos países na remediação de plumas de contaminação no lençol freático subterrâneo. O princípio dessa tecnologia consiste na alocação de um material reativo no subsolo, onde uma pluma de água subterrânea contaminada flui por esse material, promovendo reações que atenuam a carga de contaminante (TAVARES, . \_).

*Handwritten signatures:*  
 Nicholas Capim  
 [Signature]  
 [Signature]  
 [Signature]

Figura 11.19. Barreira Reativa Permeável

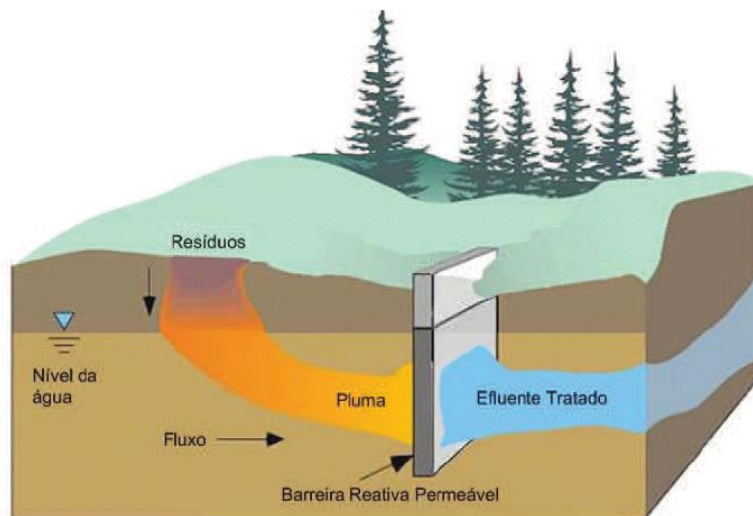


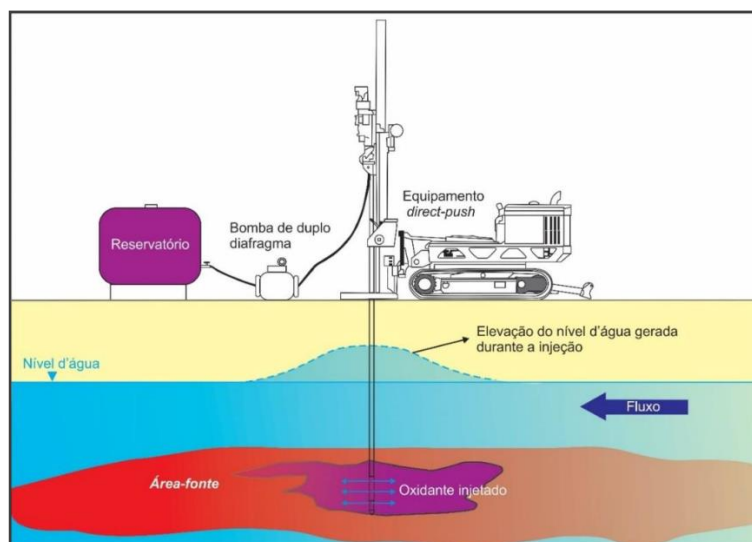
Figura 1. Tavares ( \_\_ )

### 11.3.6.6 Oxidação Química *In situ* (In Situ Chemical Oxidation - ISCO)

A oxidação química *in situ* (In Situ Chemical Oxidation - ISCO) é um processo de remediação que consiste na aplicação de produtos químicos reativos com elevada pressão no próprio local de contaminação com a finalidade de degradar ou reduzir a concentração de um contaminante presente na água subterrânea ou no solo (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010; LEMAIRE *et al.*, 2013).

A Figura 11.20 mostra a técnica de aplicação do método de Oxidação Química *In situ* por alta pressão.

Figura 11.20. Técnica de Oxidação Química *In situ*



Fonte:TERAMOTO *et al.* (2019).

Handwritten signatures and initials in blue ink, including the name 'Michele Japime' and other illegible signatures.



Liang e Lee (2008) afirmaram que a técnica ISCO representada na Figura 11.20 é uma excelente tecnologia para a remediação de águas subterrâneas contaminadas com elevadas concentrações de compostos orgânicos, porque permite o maior contato dos reagentes com a pluma de contaminação, obtendo maior degradação dos contaminantes.

De acordo com Liang *et al.* (2011) o processo permite a degradação de contaminantes na fase líquida e sólida; e é utilizado quando há elevada concentração de contaminante no local, geralmente presente na forma de plumas de contaminação.

Essa tecnologia está sendo muito empregada nos últimos anos em áreas contaminadas devido a sua eficiência na redução de massa do contaminante em um período de tempo relativamente curto (BACIOCCHI *et al.*, 2012).

Algumas vantagens da oxidação química *in situ* são: custo moderado, compatibilidade com outras técnicas, sendo possível a aplicação em conjunto e a degradação de outros contaminantes.

Portanto, o processo de identificação de uma área contaminada envolve a avaliação preliminar, investigação confirmatória, investigação detalhada, avaliação de risco e definição de ações para reabilitação da área, até que as concentrações das substâncias detectadas atinjam níveis aceitáveis para o uso futuro pretendido e adequado (ABNT NBR 15.515/2011). O uso determinará a eficiência de remoção das substâncias da área, bem como as tecnologias de remediação, o tempo de operação e o seu custo.

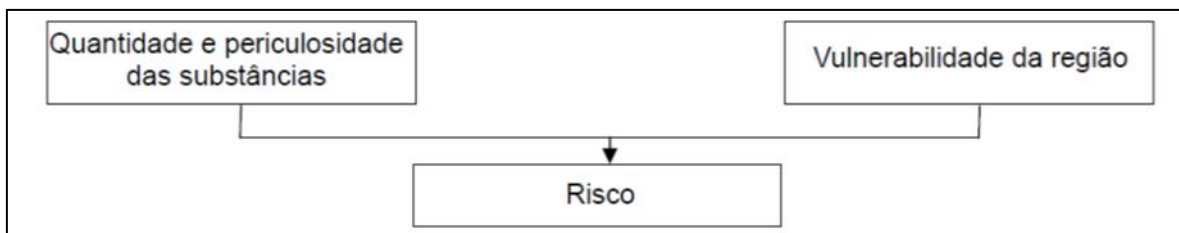
### 11.3.7 Identificação das vulnerabilidades e análise das consequências

As atividades de transporte ferroviário de produtos perigosos oferecem inúmeros riscos associados, comuns a quaisquer outras atividades. O risco individual pode ser definido como a probabilidade (frequência) de letalidade para uma pessoa sem proteção nas proximidades do local perigoso. Porém, um único acidente poderia resultar numa fatalidade (ou lesões) de muitas pessoas. Estas situações são tratadas através da estimativa do risco social (MINUCELLI, 2017).

Contudo o diferencial das atividades são os riscos geradores potenciais de acidentes ampliados (de grande magnitude e que envolvem risco imediato ou retardado para trabalhadores, a população e o meio ambiente), como explosões, incêndios, vazamentos/emissões de gases tóxicos e/ou inflamáveis, entre outros.

O cálculo do risco da implantação da via férrea para a comunidade e para o meio ambiente, circunvizinhos e externos aos limites do empreendimento, está diretamente associado atividades necessárias para instalação e operação da ferrovia, assim como, às características dos produtos perigosos transportados, suas quantidades e à vulnerabilidade da região. Entende-se por vulnerabilidade, o grau de exposição e a capacidade de resposta ao evento adverso. Esse princípio pode ser representado esquematicamente pelo diagrama apresentado na 0.

Figura 11.21. Fatores que influenciam o risco de um empreendimento



A análise de vulnerabilidade busca verificar por intermédio de modelos matemáticos a previsão dos impactos danosos às pessoas, instalações/equipamentos e ao meio ambiente, baseado em limites de tolerância. Neste estudo foi utilizado o *software* ALOHA® (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*).

Os estudos de análise e cálculo das vulnerabilidades foram realizados para prever os impactos danosos às pessoas, instalações e ao meio ambiente. Esse estudo tem a finalidade de obter informações sobre o comportamento das substâncias no meio e quantificar esses efeitos em termos de radiações térmicas (incêndios), sobrepressão (explosões) e concentrações tóxicas, considerando a sensibilidade ambiental, a suscetibilidade da ferrovia e sensibilidade socioeconômica.

A Análise de Consequência compreende os eventos perigosos com origem nas hipóteses acidentais, considerando as falhas intrínsecas ao evento, sendo excluídos da análise os eventos perigosos causados por agentes externos, tais como quedas de aeronaves, terremotos e inundações.

### 11.3.7.1 Áreas de vulnerabilidades

A delimitação das áreas de vulnerabilidade causadas pelos acidentes no transporte ferroviário foi identificada utilizando o *software* ALOHA, em que, cada região demarcada corresponde às áreas onde existe a possibilidade de exposição a vapores tóxicos, uma atmosfera inflamável, sobrepressão de uma explosão de nuvem de vapor ou radiação térmica de um incêndio. Essas regiões foram representadas graficamente como zonas de ameaça.

A análise e cálculo das vulnerabilidades foram realizados considerando os cenários acidentais, apresentados na Tabela 11.3, para os quais foram simulados a liberação de combustíveis (vazamentos) de óleo diesel, gasolina e etanol, que podem resultar na contaminação do solo, água ou ar e da população circunvizinha à via férrea. Destas áreas destacam-se os locais em que há maior número de pessoas, tais como: indústrias, bar e restaurante, áreas de piscicultura, pousadas e postos de combustíveis. Destaca-se que o produto é transportado na forma líquida e se mantém no estado líquido nas condições normais de temperatura e pressão, não se gaseificando e tampouco atingindo concentrações abaixo do limite superior de explosividade.

As unidades de transporte de líquidos inflamáveis são classificadas na Categoria de Severidade e Efeito como Nível IV - Catastrófico, caso ocorra incêndio seguido de explosão.

Handwritten signatures and initials in blue ink, including names like "Rafael" and "João".



### 11.3.8 Hipóteses acidentais

De acordo com os estudos de análises históricas da CETESB, ANTT e demais referências internacionais, no transporte de etanol, gasolina e óleo diesel as principais hipóteses acidentais são pequenos e grandes vazamentos ocasionados por rupturas e furos nos vagões-tanque durante um acidente.

No item 11.2.3 foi detalhado a análise das vulnerabilidades com base nas hipóteses acidentais utilizando o ALOHA. De maneira resumida a Tabela 11.3, mostra os cenários de riscos modelados para Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso.

O ALOHA apresenta especificamente os riscos à saúde humana associados à inalação de vapores químicos tóxicos, radiação térmica de incêndios químicos e os efeitos da onda de pressão de explosões de nuvem de vapor.

Os pontos analisados foram selecionados a partir do levantamento das informações estruturais da Ferrovia. Dos 133 pontos mapeados, apresentados Tabela 11.9, 25 foram selecionados para análise de vulnerabilidade (Tabela 11.26). Esses pontos correspondem principalmente localidades que têm, além da possibilidade do dano ambiental e patrimonial, a presença de pessoas ou proximidade com área urbana.

Tabela 11.26. Pontos utilizados para modelagem dos cenários acidentais envolvendo vazamento de líquido inflamável de vagão-tanque

PONTOS	PONTOS NOTÁVEIS	MUNICÍPIOS	LATITUDE	LONGITUDE
23	Passagem em Nível - Tipo III	Juscimeira	16° 2'31.90"S	54°43'24.66"W
46	Passagem Veicular	Poxoreú	15°47'20.37"S	54°36'27.06"W
112	Bar e Restaurante 127m	Nova Mutum	13°41'49.90"S	56° 2'20.58"W
114	Travessia rodovia BR 163	Rondonópolis	16°39'42.76"S	54°40'50.87"W
118	Rio Vermelho	Rondonópolis	16°31'17.04"S	54°42'54.52"W
119	Residências	Rondonópolis	16°27'16.49"S	54°42'20.62"W
122	Psicultura e BR 364	Juscimeira	16°14'52.11"S	54°46'51.26"W
123	Fazenda Balaio	Juscimeira	16°14'14.34"S	54°46'57.77"W
124	Escola Estadual José Rodrigues Dos Santos 500m	Juscimeira	16°12'52.78"S	54°47'9.55"W
125	Juscimeira 500m área urbana	Juscimeira	16° 4'3.98"S	54°53'28.98"W
128	Córrego Aricá	Campo Verde	15°43'31.47"S	55°31'13.42"W
129	Residências 170m	Campo Verde	15°43'32.72"S	55°32'9.99"W
132	Posto Maria e José – 400m	Nova Mutum	13°44'35.94"S	56° 2'55.18"W
133	Pousada Paraíso MT 130m	Lucas do Rio Verde	15°44'27.22"S	55°36'20.42"W

#### 11.3.8.1 Dados de entrada

Com o *software* ALOHA foram simulados os cenários de vazamento de combustíveis, prevendo acidentes na ferrovia, no qual ocorreria perfuração ou vazamento no vagão-tanque, com liberação direta do líquido inflamável.



Os cenários de risco da área (zona de ameaça) prevista para concentração de vapor tóxico ao nível do solo, área inflamável da nuvem de vapor, incêndio em poça (radiação térmica), utilizaram o padrão ALOHA, considerando 1 hora de liberação de Etanol, Gasolina e Óleo Diesel, podendo esse tempo ser inferior apenas em caso de não existir massa suficiente para o vazamento perdurar por todo tempo.

A gasolina e o diesel são produtos de composição variável, na qual a fórmula final depende da origem do petróleo, dos aditivos e misturas, além das correntes e dos processos de produção (destilação atmosférica, alquilação, hidrocraqueamento, craqueamento catalítico, entre outros). Para simulação destes produtos foram inseridos manualmente no ALOHA os dados e especificação que constam nas FISPGs apresentadas no CAMEO *Chemical* (2021). Os dados de entrada do Etanol foram inseridos direto da lista de produtos químicos que consta na base de dados do ALOHA. O resumo dos principais dados de entrada do *software* ALOHA utilizados para o cálculo de vulnerabilidades para os produtos químicos Etanol, Gasolina e Óleo Diesel são apresentados a partir da Tabela 11.27 a Tabela 11.35. E na Tabela 11.36 e Tabela 11.37 são apresentados os dados atmosféricos e dos vagões.

Tabela 11.27. Dados de entrada: Etanol.

ETANOL (CAS 64-17-5)	
Propriedade	Descrição
Ponto de inflamabilidade:	12,8 °C
Limite Explosivo Inferior (LEL):	3,3%
Limite Explosivo Superior (UEL):	19%
Temperatura de autoignição:	365 °C
Ponto de ebulição ambiente:	76,9 °C
Ponto de Congelamento:	-114,1 °C
Ponto de fusão:	-114,1 °C
Pressão de vapor:	40 mm Hg a 18,9 °C 50 mm Hg a 25 °C
Gravidade específica	0,79 a 20 °C
Ponto de ebulição:	78,5 °C a 760 mm Hg
Peso molecular:	46,07 mg/mol
Solubilidade em água:	Maior ou igual a 100 mg / mL a 22,8 °C
Potencial de ionização	10,47 eV
IDLH:	3300 ppm com base em 10% do limite inferior de explosividade LEL

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.28. ERPGs (Diretrizes de Planejamento de Resposta a Emergências) do Etanol

PARÂMETRO	VALOR
ERPG-1	1800 ppm 
ERPG-2	3300 ppm 
ERPG-3	N/D
LEL	33.000 ppm

N/D = não detectável

 Odor deve ser detectável próximo ao ERPG-1.  Valor é 10 - 49% do LEL.

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)





Tabela 11.29. PACs (critérios de ação de proteção) do Etanol

PARÂMETRO	VALOR
PAC-1	1800 ppm
PAC -2	3300 ppm
PAC -3	15.000 ppm
LEL	33.000 ppm

Valor é 10 - 49% do LEL.

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.30. Dados de entrada: Gasolina

GASOLINA (CAS 86290-81-5)	
Propriedade	Descrição
Ponto de inflamabilidade:	-37,8 °C
Limite Explosivo Inferior (LEL):	1,4%
Limite Explosivo Superior (UEL):	7,4%
Temperatura de autoignição:	456,1 °C
Pressão de vapor:	382,58 mm Hg
Gravidade específica	0,7321 a 20 °C
Ponto de ebulição:	60 a 198,9 °C a 760 mm Hg
Peso molecular:	72 mg/mol
Solubilidade em água:	insolúvel
IDLH:	Com potencial cancerígeno ocupacional

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.31. ERPGs (Diretrizes de Planejamento de Resposta a Emergências) da Gasolina

PARÂMETRO	VALOR
ERPG-1	200 ppm
ERPG-2	1000 ppm
ERPG-3	4000
LEL	14000 ppm

N/D = não detectável

Odor deve ser detectável próximo ao ERPG-1. Valor é 10 - 49% do LEL.

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.32. PACs (critérios de ação de proteção) da Gasolina

PARÂMETRO	VALOR
PAC-1	200 ppm
PAC -2	1000 ppm
PAC -3	4000 ppm
LEL	13000 ppm

Valor é 10 - 49% do LEL.


Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.33. Dados de entrada: Diesel e Óleo combustível

COMBUSTÍVEL DIESEL (> 95%) CAS 68334-30-5 E ÓLEO COMBUSTÍVEL (> 95%) CAS 68476-30-2	
Propriedade	Descrição
Ponto de inflamabilidade:	51,7 °C
Limite Explosivo Inferior (LEL):	1,3%
Limite Explosivo Superior (UEL):	6%
Temperatura de autoignição:	176 a 329,4 °C
Ponto de fusão	-17 °C
Pressão de vapor:	2,17 mm Hg a 21,1 °C
Gravidade específica	0,841 a 16 °C
Ponto de ebulição:	282 a 337,8 °C a 760 mm Hg
Peso molecular:	Diesel 184 mg/mol - Biodiesel 306 mg/mol
Solubilidade em água:	menos de 1 mg / mL a 18 °C

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.34. ERPGs (Diretrizes de Planejamento de Resposta a Emergências) do Diesel e Óleo combustível

PARÂMETRO	VALOR
ERPG-1	40 ppm 
ERPG-2	133 ppm
ERPG-3	Não estabelecido

 Odor deve ser detectável próximo ao ERPG-1.

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.35. PACs (critérios de ação de proteção) do Diesel e Óleo combustível

PARÂMETRO	VALOR
PAC-1	40 ppm
PAC -2	439 ppm
PAC -3	2658 ppm

Combustível diesel: Combustível diesel nº 4 (68476-31-3), óleo combustível nº 2 (68476-30-2), óleo combustível residual (68476-33-5) (68334-30-5)

Fonte: CAMEO CHEMICALS/667 (2021)

Tabela 11.36. Dados atmosféricos

Parâmetro	Valor
Vento	10,8 m/s
Rugosidade do solo	campo aberto
Temperatura	27 °C
Classe de estabilidade	D
Sem inversão térmica	-
Umidade relativa	75%

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).





Tabela 11.37. Dados do vagão de transporte de combustíveis

PARÂMETRO	VALOR
Largura	2,88 m
Altura	4,43 m
Comprimento	18,76 m
Peso Bruto Máximo	120 t
Tara	32,5 t
Capacidade de carga	87,5 t
Capacidade de carga	103 m <sup>3</sup>

Fonte: ANTT (2019).

### 11.3.8.2 Modelagem: ALOHA

A modelagem foi realizada para os cenários descritos na Tabela 11.3, de modo geral se resumem em:

- Vazamento do vagão-tanque (sem queima);
- Vazamento do vagão-tanque (com incêndio);
- BLEVE (Explosão de vapor em expansão de líquido fervente).

A descrição do cenário se aplica aos três produtos químicos inflamáveis: Etanol, Gasolina e Óleo Diesel.

#### 11.3.8.2.1 Gasolina

##### Descrição do cenário:

- Vazamento do orifício no tanque cilíndrico horizontal;
- Líquido inflamável escapando do tanque (não queimando);
- Diâmetro do tanque: 2,88 metros;
- Comprimento do tanque: 18,76 metros;
- Volume do tanque: 122 m<sup>3</sup>;
- O tanque contém líquida temperatura interna: 27 °C;
- Massa química no tanque: 85.7 t;
- O tanque está 84% cheio (103 m<sup>3</sup>);
- Diâmetro de abertura circular: 10 cm;
- A abertura está a 60 cm do fundo do tanque;
- Tipo de solo: solo padrão;
- Temperatura do solo: 27 °C.

- **Cenário: vazamento sem incêndio**

##### Resultado do vazamento sem incêndio:

- Área máxima da poça: 50 m<sup>2</sup>;
- Duração da liberação: ALOHA limitou a duração de 1 hr.
- Taxa média máxima de liberação sustentada: 18,7 kg / min (em média um minuto ou mais);

- Quantidade total liberada: 1.061 kg.

O produto químico escapou como um líquido e formou uma poça de evaporação. A poça se espalhou por um diâmetro de 8,0 metros.

A Tabela 11.38 apresenta o resultado da simulação do cenário de vazamento sem incêndio. As nuvens de vapor tóxicas alcançarão no máximo 110 m do ponto de liberação, portanto, a população em geral, incluindo indivíduos mais suscetíveis, pode sentir desconforto notável, irritação ou até certos efeitos não sensoriais assintomáticos. No entanto, os efeitos são não incapacitantes, são transitórios e reversíveis após cessar da exposição. Nas áreas mais próximas, o cuidado deve ser maior devido à gasolina ter na sua composição BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos). Destaca-se que o Benzeno é carcinogênico, assim, o contato com a nuvem de vapor deve ter o menor tempo possível.

Tabela 11.38. Resultado para o cenário de vazamento sem incêndio considerando a gasolina

NUVEM DE VAPOR TÓXICO - TOXICIDADE	ÁREA INFLAMÁVEL (FLASH FIRE) - RADIAÇÃO TÉRMICA	EXPLOSÃO DE NUVEM DE VAPOR - SOBREPRESSÃO
ZONA DE AMEAÇA	ZONA DE AMEAÇA	ZONA DE AMEAÇA
<p>Vermelho: menos de 10 m - (4000 ppm = AEGL-3 [60 min])</p> <p>Laranja: 16 m - (800 ppm = AEGL-2 [60 min])</p> <p>Amarelo: 110 metros --- (52 ppm = AEGL-1 [60 min])</p> <p>*Nota: A zona de ameaça (vermelho e laranja) não foram desenhadas devido aos efeitos da fragmentação do campo próximo tornar as previsões de dispersão menos confiáveis para distâncias curtas</p>	<p>Vermelho: menos de 10 metros - (7200 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)</p> <p>Amarelo: 14 metros --- (1200 ppm = 10% LEL)</p> <p>*Nota: A zona de ameaça não foi desenhada devido aos efeitos da fragmentação do campo próximo tornar as previsões de dispersão menos confiáveis para distâncias curtas.</p>	<p>Tipo de ignição: inflamado por faísca ou chama</p> <p>Nível de concentração: sem concentração</p> <p>Execução do modelo: gaussiana</p> <p>Sem explosão: nenhuma parte da nuvem está acima do LEL em nenhum momento</p>



Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

A principal característica da gasolina é que essa é altamente inflamável e as misturas com o ar são explosivas. Neste cenário acidental as zonas de ameaças ao incêndio concentram-se a menos de 10 m do local do acidente. Estes mesmos cenários ocorrendo em outros pontos da ferrovia terá comportamento similar, sendo que o maior risco ocorrerá em locais com maior rugosidade do



terreno. A rugosidade do solo é uma medida do número e tamanho de pequenos obstáculos (chamados de elementos de rugosidade) que uma nuvem química pode encontrar ao viajar na direção do vento sobre o terreno. Conforme a nuvem passa sobre os elementos de rugosidade (como arbustos e árvores), o fluxo de ar é perturbado devido ao atrito entre o solo e o ar que passa sobre ele, causando um aumento na turbulência atmosférica. Esta análise corresponde ao comportamento de todos os outros líquidos inflamáveis, como etanol e óleo diesel.

- **Cenário: vazamento com incêndio**

#### **Resultado do vazamento com incêndio:**

- Comprimento máximo da chama: 14 m;
- Duração da queima: ALOHA limitou a duração de 1 hora;
- Taxa máxima de queima: 382 kg/min;
- Quantidade total queimada: 22.642 kg;

O produto químico escapou como um líquido e formou uma poça em chamas. A poça se espalhou por um diâmetro de 9,9 metros.

A Tabela 11.39 apresenta o resultado para cenário de vazamento com incêndio. Na ocorrência de vazamento de gasolina seguido de incêndio as atenções devem ser redobradas, seja devido aos riscos de explosão ou da radiação térmica. O calor intenso leva a queimaduras graves podendo levar a morte. Nos cenários analisados o ponto 123 corresponde a Fazenda Balaio e há residências próximas a Ferrovia de Integração Estadual. De acordo com traçado previsto, a residência mais próxima ficará a 57m de distância do local modelado para o acidente. Em caso de acidente com incêndio da gasolina, como medida de precaução imediata, deve-se isolar a área do derramamento ou vazamento por pelo menos 50 metros em todas as direções. Se o vazamento for grande deve-se evacuar inicialmente na direção do vento por pelo menos 300 metros. No caso do vagão-tanque envolvido incêndio, o isolamento deve ser de 800 metros em todas as direções (ERG, 2016). Este distanciamento se aplica também ao Etanol e ao Óleo Diesel. Isto demonstra que as medidas preventivas devem ser constantes e rigorosas no transporte de líquidos inflamáveis. A modelagem foi realizada neste ponto por causa da proximidade das residências a linha férrea. Mas os Pontos 112 e 133 também merecem atenção por estarem a pouco mais de 100m da ferrovia.

Handwritten signatures in blue ink, likely representing the authors or reviewers of the report.

Tabela 11.39. Resultado para o cenário de vazamento com incêndio considerando a gasolina

ÁREA INFLAMÁVEL (FLASH FIRE) - RADIAÇÃO TÉRMICA		
ZONA DE AMEAÇA		
Ameaça modelada: radiação térmica do incêndio em poça		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermelho: 28 metros --- (10,0 kW / (m<sup>2</sup>) = potencialmente letal em 60 segundos)</li> <li>• Laranja: 34 metros --- (5,0 kW / (m<sup>2</sup>) = queimaduras de 2º grau em 60 segundos)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarelo: 45 metros --- (2,0 kW / (m<sup>2</sup>) = dor em 60 segundos).</li> </ul> </li> </ul>		
 <p>Área inflamável - Radiação térmica 112 Bar e Restaurante 127m Nova Mutum 13°41'49.90"S 56°2'20.58"W</p> <p>Google Earth</p>	 <p>Área inflamável - Radiação térmica 123 Fazenda Baiao Juscelmeira 10°14'14.34"S 54°48'57.77"W Residência 50m da linha férrea</p> <p>Google Earth</p>	 <p>Área inflamável - Radiação térmica 133 Pousada Paraíso MT 130m Lucas do Rio Verde 15°44'27.22"S 51°36'20.42"W</p> <p>Google Earth</p>
Ponto 112	Ponto 123	Ponto 133

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).



- Cenário: BLEVE

#### **Resultado do BLEVE:**

- Porcentagem da massa do tanque na bola de fogo: 30%;
- Diâmetro da bola de fogo: 174 m
- Duração da queima: 12 s
- Diâmetro do incêndio em poça: 140 m
- Duração da queima: 40 s
- Comprimento da chama: 117 m

A Tabela 11.40 apresenta o resultado da simulação considerando BLEVE. Ressalta-se que o BLEVE é pior cenário possível em quaisquer circunstâncias. A modelagem mostra a extensão devastadora que a explosão de um vagão-tanque em chamas pode ocasionar em quaisquer pontos da via férrea. Poderão ocorrer mortes em um raio de 354 m em todas as direções e os efeitos serão sentidos em até aproximadamente 800m.

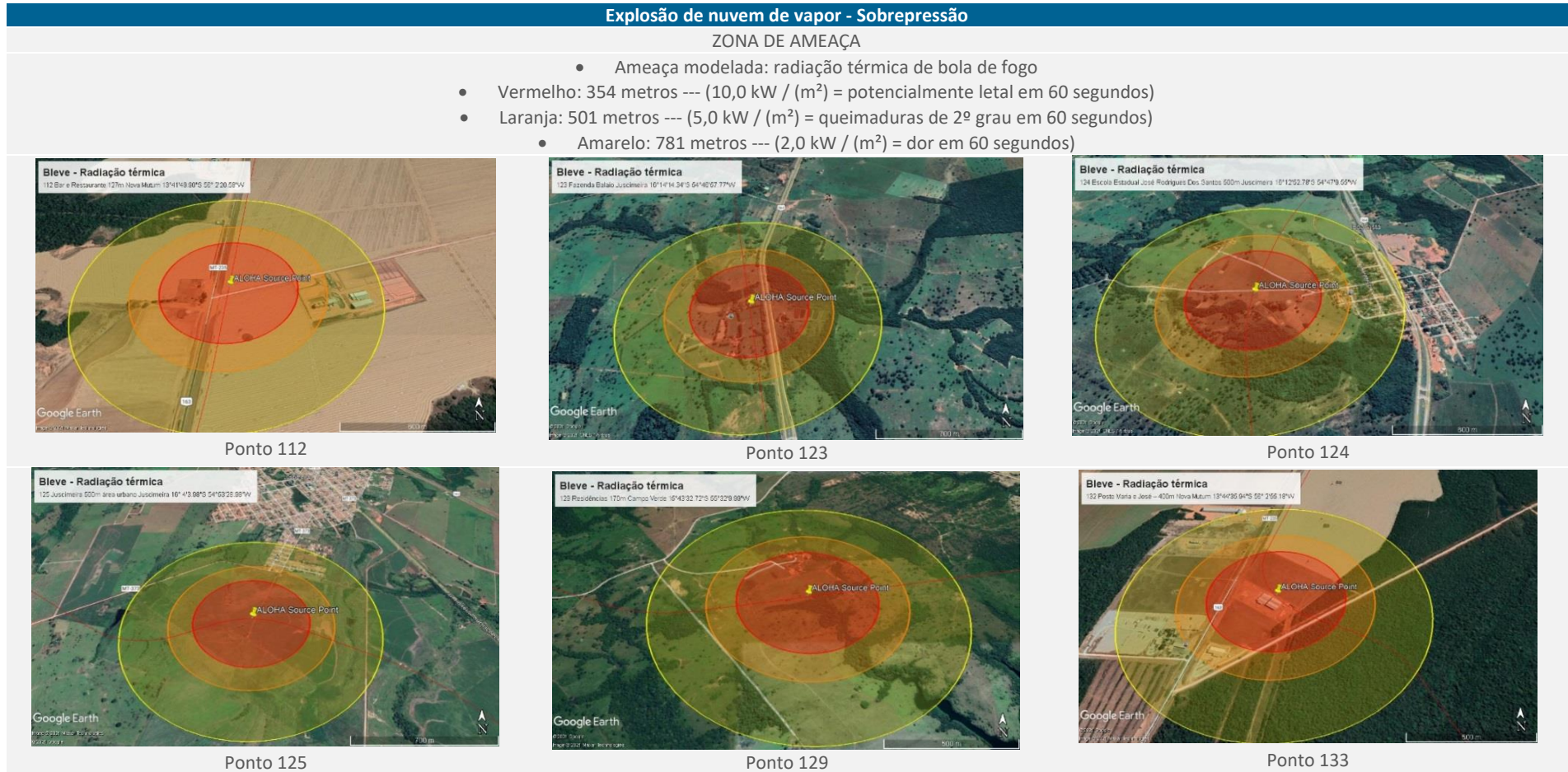


Nicholas Lupino





Tabela 11.40. Resultado para o cenário de BLEVE considerando a gasolina





### 11.3.8.2.2 Etanol

- Cenário: vazamento sem incêndio

#### **Resultado do vazamento sem incêndio:**

- Área máxima da poça: 30 m<sup>2</sup>;
- Duração da liberação: ALOHA limitou a duração de 1 hr;
- Taxa média máxima de liberação sustentada: 5,01 kg/min (em média um minuto ou mais);
- Quantidade total liberada: 293 kg.

Nota: O produto químico escapou como um líquido e formou uma poça de evaporação. A poça se espalhou por um diâmetro de 6,2 metros.

A Tabela 11.41 apresenta o resultado consolidado das simulações para o vazamento sem incêndio

Tabela 11.41. Resultado para o cenário de vazamento sem incêndio considerando o etanol.

NUVEM DE VAPOR TÓXICO - TOXICIDADE
ZONA DE AMEAÇA
Vermelho: nenhum valor LOC - (N / A = ERPG-3) Laranja: menos de 10 metros - (3300 ppm = ERPG-2) Amarelo: menos de 10 metros - (1800 ppm = ERPG-1)
*Nota: A zona de ameaça (vermelho e laranja) não foram desenhadas devido aos efeitos da fragmentação do campo próximo tornar as previsões de dispersão menos confiáveis para distâncias curtas
ÁREA INFLAMÁVEL (FLASH FIRE) - RADIAÇÃO TÉRMICA
ZONA DE AMEAÇA
Vermelho: menos de 10 metros- (19800 ppm = 60% LEL = Flame Pockets) Amarelo: menos de 10 metros - (3300 ppm = 10% LEL)
*Nota: A zona de ameaça não foi desenhada devido aos efeitos da fragmentação do campo próximo tornar as previsões de dispersão menos confiáveis para distâncias curtas.
EXPLOÇÃO DE NUVEM DE VAPOR - SOBREPRESSÃO
ZONA DE AMEAÇA
Tipo de ignição: inflamado por faísca ou chama Nível de concentração: sem concentração Execução do modelo: gaussiana
Sem explosão: nenhuma parte da nuvem está acima do LEL em nenhum momento

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

Nenhuma zona de ameaça foi modelada devido as dispersões serem curtas e se tornam menos confiáveis. O Etanol é altamente inflamável, porém, solúvel em água em todas as proporções. Cuidado maior deve-se ter com *flashback* ao longo da trilha de vapor. O vapor pode se acumular em uma área fechada e explodir.

- Cenário: vazamento com incêndio

#### **Resultado do vazamento com incêndio:**

- Comprimento máximo da chama: 14 m;
- Duração da queima: ALOHA limitou a duração a 1 hr;
- Taxa máxima de queima: 382 kg / min;
- Quantidade total queimada: 22.642 kg;

Nota: O produto químico escapou como um líquido e formou uma poça em chamas. A poça se espalhou por um diâmetro de 9,9 metros.

Quando ocorre o incêndio (queima), a área impactada é reduzida, mas a gravidade devido à radiação térmica aumenta. No ponto 128 (córrego Aricá), caso o acidente ocorra na ferrovia que passará sobre o córrego, ou próximo as suas margens, o etanol se diluirá na água e não terá como recuperar o produto vazado.



Michelo Japime



Paulo



João



João



Tabela 11.42. Resultado para o cenário de vazamento com incêndio considerando o etanol.



Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

- Cenário: BLEVE

**Resultado do Bleve:**

- Porcentagem da massa do tanque na bola de fogo: 30%;
- Diâmetro da bola de fogo: 168 m;
- Duração da queima: 11 s;
- Diâmetro do fogo da piscina: 140 m;
- Duração da queima: 2 min;
- Comprimento da chama: 49 m.

A Tabela 11.43 apresenta o resultado da simulação. Destaca-se que para em todos os pontos da ferrovia, caso ocorra um BLEVE, haverá danos catastróficos ao meio ambiente, ao patrimônio e as populações em um raio de 277 metros.



Michael J. J. J. J.



Paul



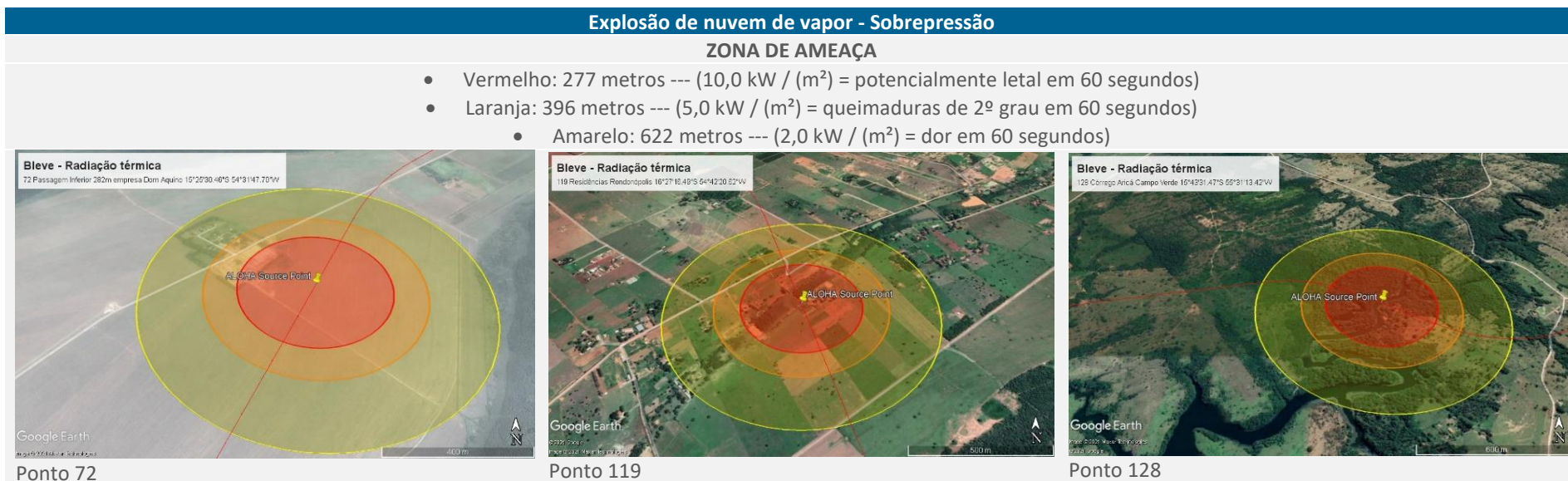
Paul



Paul



Tabela 11.43. Resultado para o cenário BLEVE considerando o etanol.



Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).

### 11.3.8.2.3 Óleo Diesel

O óleo pode reagir com água e ou vapor de água. Isso pode afetar a taxa de evaporação e a dispersão a favor do vento. Esta característica não permite grande precisão na modelagem desta substância. Os cenários de vazamento com incêndio não foram simulados visto que o *software* considera o grau de incerteza elevado.

O óleo diesel traz nas suas características todas as possíveis características dos combustíveis diesel que inclui combustível diesel nº 4 (68476-31-3), óleo combustível nº 2 (68476-30-2), óleo combustível residual (68476-33-5) e (68334-30-5). Devido a estas incertezas foi simulado apenas o vazamento sem incêndio para mostrar o poder de alcance das nuvens de vapor tóxico. Quanto maior a distância do local de liberação do produto, menores são as concentrações e, conseqüentemente, menor são os efeitos danosos sobre as populações.

- Cenário: vazamento sem incêndio

#### Resultado do vazamento sem incêndio:

- Área máxima da poça: 50 m<sup>2</sup>;
- Duração da liberação: ALOHA limitou a duração a 1 hr;
- Taxa média máxima de liberação sustentada: 2,36 kg / min (em média um minuto ou mais);
- Quantidade total de componentes perigosos liberados: 141 kg.
- Nota: O produto químico escapou como um líquido e formou uma poça de evaporação.

A Tabela 11.44 apresenta os resultados consolidados da simulação. Apesar do *software* ALOHA não modelar cenário com incêndio para substâncias com grandes variações de composição por causa da baixa assertividade, como é o caso do óleo diesel, para este líquido inflamável devem ser considerados todas as recomendações de isolamento e combate ao fogo do etanol e da gasolina.




Para os cenários em que ocorre a queima do combustível é fundamental entender que a radiação térmica pode queimar as vias aéreas das pessoas que estão próximas ou mesmo, combatendo o fogo. Funcionários e pessoas despreparadas devem ser afastados da área do sinistro e, principalmente, quais as áreas que apresentam maior risco, mesmo distantes. Observar sempre o sentido dos ventos. Para estes cenários, o combate ao incêndio deve ser imediato para evitar que ocorra um BLEVE e a extensão dos danos seja catastrófica.



Handwritten signatures in blue ink, including the name "Nicholas" and other illegible signatures.



Tabela 11.44. Resultado para o cenário de vazamento sem incêndio considerando o óleo diesel

NUVEM DE VAPOR TÓXICO - TOXICIDADE	ÁREA INFLAMÁVEL (FLASH FIRE) - RADIAÇÃO TÉRMICA	EXPLOÇÃO DE NUVEM DE VAPOR - SOBREPRESSÃO
<b>ZONA DE AMEAÇA</b>		
Vermelho: 25 metros - AEGL-3 [60 min]) Laranja: 96 metros - AEGL-2 [60 min]) Amarelo: 1,5 quilômetros - AEGL-1 [60 min])		
*Nota: A zona de ameaça (vermelho) não foi desenhada devido as previsões de dispersão serem menos confiáveis para distâncias curtas		
 <p data-bbox="465 930 562 954">Ponto 114</p>	 <p data-bbox="1066 930 1171 954">Ponto 120</p>	 <p data-bbox="1671 930 1776 954">Ponto 128</p>

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021).



Em termos gerais entende-se que todos os bens a proteger tem elevada significância nos cenários de riscos. Além do meio ambiente e das instalações e equipamentos, as indústrias, restaurantes, escolas, áreas urbanas, entre outros, são classificados como pontos nevrálgicos, pois, caso haja acidentes com produtos inflamáveis nas suas proximidades, haverá probabilidade de maior número de pessoas afetadas em acidentes envolvendo liberação de líquido inflamável (combustível), sem/com princípio de incêndio e dispersão de vapores tóxicos.

A estimativa da zona de ameaça representa a "melhor estimativa" do que acontecerá após a liberação do produto químico, considerando as condições atmosféricas e o cenário acidental no momento do acidente.

Ao analisar os cenários acidentais no transporte ferroviário de Etanol, Gasolina e Óleo Diesel, nas diferentes zonas de ameaça modeladas, pode-se observar que, após 1 hora de liberação do líquido inflamável (Produto Perigoso Classe 3), as nuvens de vapor tóxico, quando comparada aos cenários de incêndio, atingem área e ocupações mais distantes do ponto iniciador do evento (vazamentos nos vagões-tanque dos líquidos inflamáveis devido a acidentes na via férrea). A maior dispersão das nuvens tóxicas não significa risco maior aos seres vivos, visto que, quanto mais disperso os gases e vapores na atmosfera menores serão as concentrações das nuvens tóxicas ou com potencial de explosividade e Inflamabilidade.

Sem a ocorrência de incêndio durante o evento, as nuvens de vapor com maior potencial tóxico ficam próximas ao local de vazamento. Com o vagão-tanque em chamas, em apenas 60 segundos é possível prever mortes devido à radiação térmica próxima ao local de vazamento/incêndio. A ocorrência do BLEVE (explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulição) tem como consequência a formação de uma bola de fogo e incêndio em poça, amplificando a possibilidades de mortes e danos catastróficos.

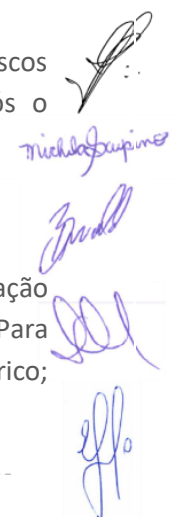
O tamanho e a posição da nuvem de vapor inflamável dependem do quanto de produto é liberado em conjunto com as condições atmosféricas no momento de acidente e dos equipamentos presentes no entorno.

Fato é, com o crescente uso do transporte ferroviário de cargas, perigosas ou não, este modal vem aplicando continuamente melhorias na operação de transporte, nos aspectos de sustentabilidade e na busca por novas tecnologias.

Neste contexto, o EAR deve ser aplicado na forma como as pessoas identificam e expressam os riscos aos quais se encontram expostas, levando em conta toda as estratégias preventivas após o conhecimento dos riscos e como prevenir que acidentes não se transformem em desastres.

### 11.3.9 Projetos construtivos

Além dos cenários acidentais foram analisados os projetos construtivos da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso. Estes documentos referem-se os projetos da ENEFER e da ENGEMAP. Para isto foram considerados os documentos apresentados: Relatório Final do Projeto Geométrico;





Relatório Final do Projeto de Superestrutura; Plano de Execução de Obras; Projeto de Infraestrutura; e, o Relatório Operacional.

Na Tabela 11.45 e são apresentadas e identificadas as principais interferências, observadas ao longo do projeto da ferrovia LRV.

Tabela 11.45. Relação dos pontos de interferências na Ferrovia de Integração Estadual

TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
TRECHO TRO-TEL		
Passagem Veicular	3+840	229
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	6+120	576
Ligação Lado Esquerdo	11+000	1240
Passagem Veicular	12+660	299
Passagem Veicular	16+350	129
Passagem Veicular	17+900	969
Passagem Veicular	21+980	1.279
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	25+960	356
Passagem Veicular	27+980	219
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	29+720	876
Passagem Veicular	30+690	199
Passagem Veicular		45
Ligação Lado Direito	32+420	1.100
Ligação Lado Esquerdo		1.140
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	35+060	370
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	37+280	840
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	45+490	220
Passagem Veicular		281
Ligação Lado Esquerdo	46+780	470
Passagem em Nível	49+060	775
Passagem Veicular	49+720	289
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	51+900	520
Passagem Veicular	52+780	499
Passagem Inferior - Estrada Vicinal		176
Ligação Lado Direito	54+220	545
Ligação Lado Esquerdo		790
Passagem em Nível	58+420	880
Passagem inferior	59+150	860
Passagem Veicular	62+440	584
Passagem em Nível	65+640	1.745
Passagem Veicular	68+800	359
Passagem em Nível	70+320	825
Passagem em Nível	71+380	195
Passagem Veicular		279
Ligação Lado Esquerdo	71+940	819
Passagem Veicular		74
Ligação Lado Esquerdo	74+930	610
Passagem Veicular	75+530	180






TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
Passagem em Nível	76+280	305
Passagem Veicular	77+880	249
Ligação Lado Esquerdo		284
Passagem inferior	80+040	360
Passagem em Nível	81+330	175
Passagem em Nível	82+260	395
Passagem Veicular	84+300	440
<b>TRECHO TEL-TMS</b>		
Passagem em Nível	89+730	315
Ligação Lado Direito		2400
Passagem em Nível	90+920	415
Passagem em Nível	95+270	275
Passagem em Nível	97+900	315
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	102+780	206
Passagem em Nível	103+540	455
Passagem Veicular	104+180	269
Passagem Veicular(5,50x4,55)	104+840	289
Passagem Inferior	107+800	
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	108+940	646
Ligação Lado Esquerdo		1239
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	111+620	686
Passagem em Nível	114+380	310
Passagem Veicular	121+830	1009
Passagem Veicular	125+980	299
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	128+860	1226
Passagem em Nível	130+520	255
Passagem Veicular	134+000	229
Passagem Inferior	135+790	
Passagem em Nível	141+600	285
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	142+500	186
Passagem Veicular	146+210	359
Passagem em Nível	148+020	305
Passagem em Nível	148+780	185
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	153+680	836
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	155+470	266
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	156+840	306
Passagem em Nível	159+520	215
Ligação Lado Direito		260
Viaduto Rodoviário	162+350	
Passagem em Nível	165+450	305
Passagem em Nível	175+290	335
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	179+640	246
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	186+920	646
Passagem em Nível	191+950	425
<b>TRECHO TMS-TPS</b>		
Passagem Veicular	196+240	540




TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
Passagem Superior	200+400	360
Passagem em Nível	203+220	420
Via de ligação	211+020	520
Passagem Superior	212+360	360
Passagem Superior	214+640	360
Passagem Superior	218+740	650
Via de ligação	219+900	240
Passagem Veicular	223+040	2240
Passagem Superior	239+500	840
Acesso ao Emboque Norte	242+580	2490
Acesso ao Emboque Sul	244+820	2295
Passagem Veicular	248+510	640
Passagem Veicular	255+710	440
Passagem Superior	261+800	740
Passagem Superior	267+940	3230
Passagem Veicular	270+800	820
Passagem em Nível	274+720	1600
Passagem em Nível	278+900	380
Passagem em Nível	283+740	920
Passagem Superior	286+380	780
Passagem Veicular	291+965	620
<b>TRECHO TPS-TPF</b>		
Passagem em Nível	85+820	400
Passagem Veicular	88+100	810
Via de Ligação	88+530	1400
Passagem Superior	92+060	400
Passagem Veicular	94+520	440
Passagem em Nível	100+830	860
Passagem em Nível	106+410	635
Passagem Veicular	107+800	360
Via de ligação	109+100	1600
Passagem em Nível	115+740	860
Passagem em Nível	119+565	300
Passagem Superior	121+860	440
Passagem em Nível	129+750	595
Via de ligação	132+800	540
Passagem Veicular	138+795	200
Passagem Veicular	142+775	370
Passagem Superior	157+340	1540
Passagem em Nível	163+100	340
Passagem Superior	165+220	640
Passagem em Nível	169+365	760
Passagem Superior	173+060	1285
Passagem em Nível	177+200	740
Passagem Superior	180+820	440
Passagem em Nível	183+540	1260
Passagem em Nível	186+250	700

TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
Passagem Superior	191+015	840
Passagem em Nível	193+890	1855
<b>TRECHO TPF-TNM</b>		
Passagem Veicular	0+230	100
Passagem Veicular	1+160	2350
Viaduto Rodoviário	5+190	269
Acesso (Viaduto Rodoviário)	5+190	3830
Passagem Veicular	9+720	1830
Passagem Superior	12+110	3635
Passagem Superior	15+270	3670
Passagem Veicular	22+180	4570
Passagem Superior	33+850	500
Passagem Veicular	40+455	1120
Passagem Superior	44+800	800
Acesso (Passagem Superior)	44+800	3745
Passagem Veicular	47+350	1400
Passagem em Nível	50+970	1135
Passagem Superior	59+170	1235
Passagem Superior	65+020	745
Passagem Superior	68+340	600
Passagem em Nível	72+230	1145
Passagem Superior	79+240	1400
<b>TRECHO TNM-TLV</b>		
Via de ligação	4+020	2092
Passagem Veicular	8+880	2562
Passagem Superior	14+515	598
(Acesso) Passagem Superior	14+515	2980
Passagem Superior	19+980	367
(Acesso) Passagem Superior	19+980	3705
Passagem Veicular	28+500	5363,5
Passagem Veicular	38+520	1914
Passagem em Nível	44+300	5545
Passagem em Nível	49+220	1430
Passagem Superior	52+820	641
Passagem Veicular	55+880	153
Passagem em Nível	58+360	3520
Passagem Superior	63+170	3020
Passagem Veicular	64+750	300
Passagem Veicular	65+620	860
Passagem Superior	72+270	7860
Passagem Superior	81+530	3500
<b>TRECHO TEL-TCB</b>		
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	3+980	786
Passagem em Nível	5+880	255
Passagem em Nível	6+760	595
Passagem em Nível	11+000	55

 :.  
  
  
  




TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
Ligação Lado Direito		1960
Ligação Lado Esquerdo		1960
Passagem Veicular	12+640	569
Passagem Veicular	15+550	559
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	17+680	246
Ligação Lado Direito		157
Passagem Veicular	19+490	119
Passagem Veicular	23+190	509
Passagem Veicular	24+540	339
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	25+780	446
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	36+460	436
Passagem Veicular	38+540	549
Passagem Veicular	40+000	709
Passagem Veicular	40+940	319
Ligação Lado Esquerdo		643
Passagem Veicular	45+360	619
Passagem em Nível	47+420	335
Passagem Veicular	48+260	229
Passagem Veicular	51+460	229
Viaduto Rodoviário	52+040	
Passagem Veicular	54+600	629
Passagem em Nível	55+630	255
Ligação Lado Direito		1217
Ligação Lado Esquerdo		922
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	59+940	736
Viaduto Rodoviário	62+220	
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	66+350	226
Ligação Lado Direito	70+300	2190
Ligação Lado Esquerdo		2165
Passagem Veicular	73+840	469
Passagem em Nível	78+020	1415
Passagem em Nível	80+440	1485
Passagem em Nível	82+720	245
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	83+790	296
<b>TRECHO TCB-TCC</b>		
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	94+000	436
Passagem Veicular	106+460	479
Passagem em Nível	111+640	355
Passagem em Nível	113+480	615
Passagem Veicular		104
Ligação Lado Direito	115+760	1.575
Ligação Lado Esquerdo		1.600
Passagem Inferior - Estrada Vicinal		171
Ligação Lado Direito	117+120	1.920
Ligação Lado Esquerdo		390
Passagem em Nível		282
Ligação Lado Direito	121+520	820

*Michalogo*

*Frank*

*[Signature]*

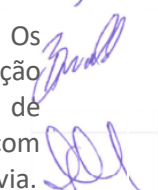
*[Signature]*

TIPO DE INTERFERÊNCIA	KM	EXTENSÃO (m)
Passagem Veicular	132+560	167
Passagem Veicular	134+580	434
Passagem em Nível	136+880	205
Passagem Inferior - Estrada Vicinal	140+480	1.256
Passagem em Nível	142+300	1.775
Passagem em Nível	145+760	195
Passagem em Nível	149+860	295
Passagem em Nível	152+680	685
Passagem em Nível	154+200	655
Passagem em Nível	156+720	695
Passagem em Nível	158+060	385
Passagem em Nível	167+120	1.475
Passagem em Nível	170+120	255

Fonte: STCP Engenharia de Projetos Ltda (2021)

Os documentos analisados descrevem a implantação de cercas, visando à delimitação a faixa de domínio em ambos os lados da ferrovia, os quais serão executados de acordo com a especificação técnica, ao longo de toda a ferrovia, exceto nas travessias de grandes cursos d'água, entroncamentos com outras estradas. Além da implementação das cercas, também estão previstos:

- Áreas que receberão revestimento vegetal (hidrossemeadura, hidrossemeadura com proteção de tela vegetal ou hidrossemeadura com proteção de manta vegetal projetada), a fim de preservar as áreas expostas como taludes, áreas de empréstimos, banquetas, descidas d'água, sarjetas etc., dando-lhes condições de resistência à erosão.
- Previsão de passagem de gado, seção 2,5 x 2,5 m e 3,00 x 3,00 m, para a fase de Projeto Básico é de uma unidade de passagem a cada 2 a 3 km de ferrovia, com comprimento médio de 16 m e duas alas de concreto. Já está previsto que, na fase de Projeto Executivo deverão ser melhor detalhados as localizações das passagens, assim como a quantificação.
- Passagens de fauna nativa nos locais onde forem identificadas matas nativas, consideradas como corredores de fauna. Foi considerado, para cada passagem, 16 m de corpo de passagem 3,0 x 3,0 m e 2 alas. A execução das passagens obedecerá às normas técnicas.
- Nos cruzamentos das estradas vicinais existentes com a linha férrea, prevê-se a execução de uma estrutura de trilhos para a transposição, dos veículos rodoviários, por sobre a ferrovia. A finalidade das passagens de nível é promover o cruzamento em nível de uma estrada de rodagem com a Ferrovia.
- A implantação de porteira nas entradas das propriedades rurais onde foi interrompida o seu acesso, devido à implantação da cerca na faixa de domínio da ferrovia. Isto facilita o trânsito seguro de animais silvestres entre os dois lados da rodovia, diminuindo os riscos de acidentes e minimizando os impactos ambientais.
- Outro ponto importante que foi analisado são os serviços de infraestrutura previstos. Os serviços preliminares, além de incluir os serviços de topografia, são compostos de demolição de imóveis desapropriados, demolição e remoção de cercas e desmatamento e limpeza de terreno. Está prevista a remoção de capa asfáltica nos locais onde a ferrovia cruza com rodovias, com construção de variantes para a execução da obra de infraestrutura da ferrovia.




A superestrutura da via principal receberá trilhos soldados, TR-68, que serão soldados para formação de trilho longo (TLS) em barras de 312 m, unidos por talas de junção do trilho TR-68 para posterior transformação em trilho longo continuamente soldado, com dormente de concreto monobloco protendido, espaçados a cada 60,0 cm, correspondendo a uma taxa de dormentação de 1.667 um/km, com fixação elástica auto-retensora tipo Pandrol (FastClip). A via terá a superestrutura instalada sobre uma plataforma de terraplenagem com largura de 8,90m nos aterros até 10,90m de altura e de 10,70m nos cortes em solo. Para alturas maiores (aterros e corte), deverá ser seguido o desenho tipo de terraplenagem.

Os pátios de cruzamento serão formados pela via principal e por um desvio de cruzamento com 2 (dois) Aparelhos de Mudança de Via nº 14 – Otimizado com agulha de 9.144m e terão comprimento útil mínimo de 2.500,00m com função dos trens tipo previstos, conforme dados operacionais fornecidos pelo setor de operações da RUMO. Os principais elementos empregados no Projeto Básico da Superestrutura da Via Permanente e sua Seção Tipo.

- Bitola: 1600 mm (bitola larga);
- Raio de projeto mínimo das curvas horizontais: 528,916m. Excepcionalmente foi adotado raio de 343.283 nos trechos de Serra;
- Rampa máxima compensada: 0,60% no sentido exportação e 1,0% importação. No segmento referente ao Ramal de Cuiabá (TEL-TCB-TCC), foram adotadas as rampas máximas compensadas de 1,8% e 1,1 no sentido exportação e importação respectivamente;
- Velocidade diretriz de projeto: 80 km/h;
- Velocidade de operação: 80 km/h;
- Carga máxima dos eixos: 32,5 ton;
- Dormente: Concreto monobloco protendido nas vias principais e secundárias. Nos AMVs, dormente de madeira tratado;
- Espaçamento entre dormentes: 60,0 cm (1.667 unidades/km);
- Fixação: Elástica tipo Pandrol FastClip;
- Lastro: pedra britada. Lastro padrão com altura mínima de 30,0 cm sob o dormente medida no eixo do trilho, ombro de lastro de 30,0 cm e talude 3(H):2(V);
- Trilho TR-68 ou similar – barras longas de 312 m (TLS);
- Aparelhos de mudança de via: via principal nº 14 (trilho TR-68, com agulha de 9,144 m – otimizado);
- Obras-de-arte especiais: projetadas para atender a bitola larga com trem tipo TB-360 conforme NBR-7189;
- Largura da plataforma no sublastro: 8,20 m em aterro e 10,50 m em corte (mínimo);
- Gabarito de livre passagem: 8,00 m de altura do sublastro, utilizado para vias não eletrificadas, e 2,80 m de largura a partir do eixo da via.

Nos cortes em rocha são ou alterada deverão ser feitos rebaixos de 0,40m e, nos cortes em solo onde as características do material não atenderem ao especificado para camada final, será feito rebaixo de 60cm, procedendo-se à sua substituição por material adequado.

Para o cruzamento dos talwegues, encontram-se projetados bueiros tubulares e celulares de concreto, com seção variada entre simples, dupla ou tripla. Nas extremidades dos bueiros estão projetadas bocas e/ou caixas coletoras (a montante quando em corte) e dissipadores de energia a jusante nos bueiros tubulares. Para os cursos de água de maior porte, ou seja, com vazão superior a



capacidade máxima das obras de arte correntes (OAC), foram projetadas pontes em concreto armado.

A drenagem superficial consta de sarjetas de corte e aterro, valetas de proteção de cortes e de aterros, sarjeta de banquetas, caixas coletoras e outros dispositivos. Onde necessário, foi prevista ainda a implantação de drenagem profunda, composta de drenos longitudinais profundos e transversais rasos.

Todos os documentos apresentados para análise neste EAR estão pautados em normas e conhecimentos técnicos especializados, os quais, demonstram que, se seguidos e executados faz com a classificação de risco seja Moderada a Não tolerável, ou seja, a Categoria de Frequência (E) e as Categorias de Severidade (III e IV), as consequências para as pessoas, patrimônio e meio ambiente, caso ocorra um acidente, poderão ser lesões graves, danos moderados a severos com efeito localizado (Matriz de Tolerabilidade de Riscos - 0). Detalhamento dos projetos analisados neste EAR poderão ser obtidos com a empresa ENEFER e ENGEMAP.

#### 11.4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Estudo de Análise de Riscos (EAR) da Ferrovia de Integração Estadual do Mato Grosso teve como objetivo apresentar os cenários de risco referente às ameaças, na área de abrangência do empreendimento e em diversos cenários perigosos, a fim de analisar e avaliar os riscos existentes nos 743 Km de extensão da ferrovia.

A análise de vulnerabilidade foi realizada utilizando o software ALOHA® (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*), que por intermédio de modelos matemáticos realizou a previsão dos impactos danosos às pessoas, instalações/equipamentos e ao meio ambiente, baseado em limites de tolerância e zonas de riscos.

Esta metodologia permitiu determinar as áreas de maior vulnerabilidade nos cenários acidentais, tendo como referência as condições meteorológicas, altitude local, clima, condições físicas e ambientais: declividade, curvas, nascentes, córregos, pontes, cavernas, entre outros, bem como, os riscos socioambientais: passagem de nível, passagem veicular, indústrias, comércios em geral, assentamentos populacionais (urbanos e rurais), unidades de conservação, locais de maior aglomeração de pessoas.

Os resultados das análises dos fenômenos de radiação térmica, sobrepressão, área tóxica e de inflamabilidade da nuvem de vapor, aplicados nas hipóteses acidentais relacionadas ao vazamento de líquido inflamável do vagão-tanque, nas condições “com” e “sem” queima do combustível e BLEVE (explosão do vapor expandido pelo líquido em ebulição), mostraram que as áreas de maior vulnerabilidade são os locais que integram junto ao cenário acidental, a presença de pessoas, rios, córregos, pontes, curvas acentuadas e áreas de indústrias, restaurantes e postos de combustíveis.

Também foram realizados estudos de Análise Preliminar de Riscos (APR) a fim de identificar os principais perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, avaliar qualitativamente seus riscos, analisar as salvaguardas existentes e propor medidas adicionais.



A APR considerou os perigos associados à liberação de líquidos inflamáveis, tendo como possíveis causas acidentes envolvendo colisões, descarrilamento, avarias do material rodante e como consequência perda do produto com probabilidade de ignição e danos severos as pessoas e ao patrimônio. Para os perigos classificados como Severidade IV ou V, a classificação da Categoria do Risco sempre será Não tolerável (NT), ou seja, Não Aceitável e exige medidas/ações de controle mais rigorosas para mitigação e redução da probabilidade de ocorrência ou severidade das consequências. A extensão da Ferrovia aliada as áreas vulneráveis supracitadas, determinam que o modal ferroviário, por si só, corresponde a área de atenção e segurança, devendo adotar as medidas de mitigação e prevenção a acidentes envolvendo esta atividade.

Para todas as situações elencadas nesse EAR, a Rumo Malha Norte S.A prevê no Plano de Gestão de Riscos (PGR) e no Plano de Ação a Emergências (PAE), ações de prevenção e mitigação dos danos em caso de acidentes. As salvaguardas preventivas e mitigatória são bem detalhadas e devem refletir em baixos eventos adversos classificados como catastróficos.

Recomenda-se que todos os dispositivos, sistema ou ação capaz de interromper a cadeia de eventos que ocorre após os acidentes ferroviários, principalmente no Transporte de Produtos Perigosos (TFPP), sejam aplicados e quando necessário, ampliados, a fim de diminuir a probabilidade de ocorrência de cenários indesejáveis (salvaguardas preventivas) e reduzir a severidade das consequências desses mesmos cenários (salvaguardas mitigatórias).

Portanto, conclui-se que esse Estudo de Análise de Risco da área de influência direta tem Risco Moderado a Não Tolerável (Matriz de Tolerabilidade) e faz necessário o cumprimento das ações previstas no Relatório Final do Projeto Geométrico; Projeto de Superestrutura; Plano de Execução de Obras; Projeto de Infraestrutura; Relatório Operacional e demais normas que regulam o setor ferroviário. Sempre que necessárias ações adicionais devem ser adotadas para reduzir a probabilidade de ocorrências ou a severidade das consequências.



Handwritten signatures in blue ink, likely representing the approval of the document.

**Anexo 11.1. Localização dos pontos de interesse**