

PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA HAZOP COMO PRÁTICA DIÁRIA NA INVESTIGAÇÃO DE PERIGOS E PROMOÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL



Alessandra Soares Vieira (UNIUBE)

alessandraffg@gmail.com

Leandro de Oliveira Silva (UNIUBE)

leandro.oliveira.sil@gmail.com

O sistema de movimentação ferroviária é um dos meios de transportes essenciais à economia, por estar relacionado ao movimento de grandes cargas, volumes e ser gerador de competitividade em longas distâncias. Do ponto de vista ambiental, o sistema ferroviário é um modelo de transporte com menor geração de poluentes atmosféricos, na comparação ao modelo rodoviário, e que na sua concepção e manutenção, tende a oferecer riscos ambientais mais graves devido ao desgaste da infraestrutura e da deterioração de frotas. Por tais características, este artigo tem por objetivo discutir uma forma de gestão de riscos, utilizando a ferramenta HAZOP, que proporcione à identificação e a geração de oportunidades de melhoria aos potenciais perigos envolvidos na infraestrutura ferroviária de um perímetro urbano. A sua finalidade geral é equilibrar a proteção ambiental e a prevenção de poluição com as necessidades socioeconômicas.



XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

"A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens

avançadas de produção"

Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.

Palavras-chave: Risco, ferrovia, sustentabilidade

1. Introdução

Os sistemas de transportes (aéreo, terrestre e aquaviário) possuem benefícios socioeconômicos significativos, por propiciarem incrementos na comunicação, integração e desenvolvimento a partir dos ganhos de acesso aos mercados produtores e consumidores, aos fatores de produção e cultura de um país.

Do ponto de vista ambiental, os sistemas de transportes são grandes geradores de poluentes e tendem a possuir elevados níveis de destruição e propagação de danos ao ambiente e à saúde humana (FOGLIATI, 2004). Outros problemas são desatacadados neste contexto, como as alterações do comportamento dos animais silvestres, dos cursos d'água e no crescimento da vegetação em áreas urbanas (BELLIA, 2009).

E quando relacionado os termos transporte e sustentabilidade simultaneamente, a Organização das Nações Unidas (ONU) chama a atenção dos governos e organizações para o desenvolvimento de pesquisas e criação de sistemas de transportes inteligentes, com baixa geração de poluentes e danos ao ambiente e à saúde humana (VALEC, 2014) sem comprometer a capacidade de desenvolvimento e progresso do país (BRASIL, 2017).

A discussão do desenvolvimento logístico e dos transportes pela minimização da degradação ambiental e suas ameaças à saúde humana, são apresentadas às organizações de transportes públicas e privadas no país (Brasil) como uma sugestão de ampliação das políticas de sustentabilidade e oficialização ao compromisso da redução da degradação do meio ambiente,

da pobreza e das desigualdades em contribuição à sustentabilidade progressiva do país (BRASIL, 2017).

Assim, por tal importância e caracterização dos sistemas de transportes, este artigo tem por objetivo discutir uma forma de gestão de riscos, utilizando a ferramenta de estudo de perigos e operabilidade (HAZOP), que proporcione à identificação e a geração de oportunidades de melhoria aos potenciais perigos envolvidos na infraestrutura ferroviária de um perímetro urbano.

A escolha do sistema de movimentação ferroviária, como base de estudo, é por Kohler et al (2012) que apresentam uma análise crítica do modal em áreas urbanas e sua elevada degradação provocada por acidentes, poluição do solo e cursos d'água e a presença da população nos arredores das linhas férreas; Oliveira et al (2009) que analisam riscos e melhorias viáveis aos projetos de infraestrutura ferroviária utilizando da gestão ambiental como estratégia de controle e minimização das perdas ambientais e sociais.

2. Contextualização da Gestão e análise de riscos para a Gestão Ambiental

A Gestão Ambiental tem como princípio a administração do exercício das atividades econômicas e sociais pelo uso inteligente dos recursos naturais e do trabalho assertivo nos processos de identificação e tratamento dos riscos e perigos. E para o bom desempenho da Gestão Ambiental, o entendimento dos conceitos de risco, perigo e impacto ambiental deve estar claro e intrínseco nas organizações.

2.1. Definição dos termos impactos ambientais, risco e perigo

Um impacto ambiental deve ser entendido como toda e qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, como cita a Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Assim, a Resolução 001/86 do CONAMA orienta às organizações: realizar (respeitando particularidades) o Estudo do Impacto Ambiental (EIA) como uma estratégia aplicada à identificação de riscos e para o

fornecimento das informações prévias que visam eliminar, reduzir ou compensar os efeitos desfavoráveis das atividades humanas no ambiente.

A partir do EIA (destacado como um instrumento jurídico do Direito Ambiental, que trata do estudo de impacto para todas as áreas suscetíveis de atividades poluentes), um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) deve ser gerado para permitir que se faça a avaliação do impacto ambiental e se determine as melhores estratégias de prevenção, redução e ou controle de riscos potenciais (Resolução 001/86 do CONAMA). Estes riscos, por sua vez, são entendidos como potenciais eventos em um sistema, sendo eles positivos ou negativos, à identificação e conscientização e desenvolvimento de diretrizes para mensurar perigos (CETESB, 2013).

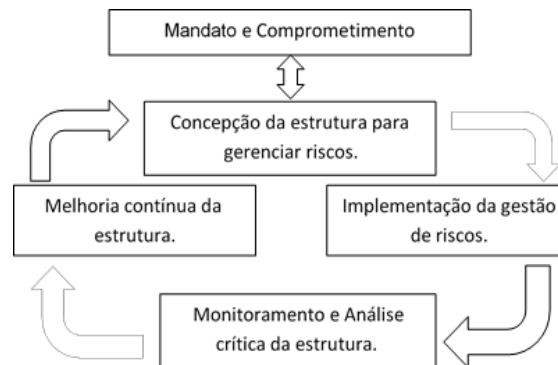
A definição de perigo, sugerida a partir do RIMA, é tratada como um elemento ou uma condição associada ao sistema ou processo da organização, sendo identificados como modos de falhas potenciais que possuem causa, efeito e medidas corretivas e ou preventivas (NBR ISO 31000:2009).

2.2. NBR ISO 31000:2009 e a estrutura de gerenciamento de riscos

Como o termo risco é uma combinação intuitiva da frequência de ocorrências de um ou mais eventos acidentais, com magnitude de efeitos físicos associados (CETESB, 2011), a gestão de riscos pode ser estruturada como uma estratégia de solução desenvolvimento das oportunidades de melhorias em um sistema (DAGNINO E JUNIOR, 2007).

A gestão de riscos, sob este ponto de vista, é construída como um conjunto de atividades coordenadas de orientação e controle de princípios e processos à melhoria. Concebe aspectos de segurança e antecipação das condições inseguras, por meio de técnicas de identificação, análise e avaliação dos riscos (NBR ISO 31000:2009) para fornecer oportunidades de prevenção, priorização e superação dos obstáculos (RUPPENTHAL, 2013), tal como destaca a Figura 1.

Figura 1 - Relacionamento entre os componentes da estrutura para gerenciar riscos – Seção 4 ISO 31.000:2009.



Fonte: Acervo dos autores

Para o início da gestão de riscos, a organização deve consolidar uma política estratégica que promova as interações de melhoria, as preocupações com o meio ambiente e a saúde humana e os requisitos legais e regulatórios. O planejamento deverá ser rigoroso e comprometido com o alcance dos objetivos da organização assegurando responsabilidades, autoridades e competências apropriadas (NBR ISO 31000:2009).

A implementação e manutenção do processo de gestão de riscos exigirá investimento em equipe, recurso, processos, métodos, ferramentas e programas de educação e treinamento. Para a eficácia da implementação é importante de toda a organização pratique os princípios básicos orientados e citados na NBR ISO 31000:2009 que envolve a: criação e proteção de valores; integração a todos os processos; abordagem explícita da incerteza; sistematização das melhores informações disponíveis; cultura de que cada análise de risco é única e não replicável; consideração dos fatores humanos e culturais; transparência e inclusão; dinamização, interação e capacidade de reagir às mudanças; e facilitação à melhoria contínua.

2.2.1. Processo de gestão de risco

O processo de gestão de riscos deve ser parte integrante da organização, incorporada na cultura e nas práticas e adaptada aos processos de negócios da organização (NBR ISO 31000:2009).

2.2.2. Comunicação e consulta

Durante todo o processo de gestão de riscos, convém que haja comunicação e consulta entre as partes interessadas interna e externa, a fim de assegurar que os responsáveis pela

implementação do processo de gestão de riscos e as partes interessadas compreendam os fundamentos sobre os quais as decisões são tomadas e as razões pelas quais ações específicas são requeridas (NBR ISO 31000:2009).

2.2.3. Estabelecimento do contexto

Ao estabelecer o contexto, a organização articula seus objetivos, define os parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar riscos, e estabelece o escopo e os critérios de risco para o restante do processo (NBR ISO 31000:2009).

O contexto externo é o ambiente externo no qual a organização busca atingir seus objetivos e é importante para assegurar que os objetivos e as preocupações das partes interessadas externas sejam considerados no desenvolvimento dos critérios de risco. O contexto interno é o ambiente interno no qual a organização busca atingir seus objetivos. Convém que o processo de gestão de riscos esteja alinhado com a cultura, processos, estrutura e estratégia da organização. O contexto interno é algo dentro da organização que pode influenciar a maneira pela qual ela gerencia os riscos (NBR ISO 31000:2009).

2.2.4. Estabelecimento do contexto do processo de gestão de riscos

Devem ser estabelecidos os objetivos, as estratégias, o escopo e os parâmetros das atividades da organização, ou daquelas partes da organização em que o processo de gestão de riscos está sendo aplicado. Convém que a gestão dos riscos seja realizada com plena consciência da necessidade de justificar os recursos utilizados na gestão de riscos. Os recursos requeridos, as responsabilidades e as autoridades, além dos registros a serem mantidos, também devem ser especificadas. O contexto do processo de gestão de riscos irá variar de acordo com as necessidades da organização (NBR ISO 31000:2009).

2.2.5. Definição dos critérios de risco

A organização deve definir os critérios a serem utilizados para avaliar a significância do risco. Os critérios devem refletir os valores, objetivos e recursos da organização. Alguns critérios podem ser impostos por, ou derivados de requisitos legais e regulatórios e outros requisitos que a organização subscreva. Convém que os critérios de risco sejam compatíveis com a

política de gestão de riscos da organização, definidos no início de qualquer processo de gestão de riscos e analisados criticamente de forma contínua (NBR ISO 31000:2009).

2.2.6. Processo de avaliação de riscos

A avaliação de riscos envolve comparar o nível de risco encontrado durante o processo de análise com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto foi considerado.

Uma vez que um risco é identificado, convém que a organização identifique quaisquer controles existentes como funcionalidades projetadas, pessoas, processos e sistemas (ABNT, 2012; NBR ISO/IEC 31010, 2012); e para tanto, os métodos de identificação de riscos poderão ser por: métodos baseados em evidências; métodos baseados em abordagens sistemáticas de especialistas; e, técnicas de raciocínio indutivo como o HAZOP e a Análise Preliminar de Riscos e Perigos.

É importante frisar que a análise de riscos consistirá na determinação das consequências suas probabilidades para eventos identificados, levando em consideração presença (ou não) eficácia de quaisquer controles existentes (ABNT, 2012). E os resultados da análise, avaliação e ponderação dos riscos auxiliará os tomadores de decisão na priorização (seleção) e solução.

2.2.7. Tratamento de riscos

O tratamento dos riscos envolve processos cíclicos de avaliação do tratamento sugerido; a tomada de decisão dos níveis de risco residual toleráveis; a definição e ação de tratamentos alternativos para os riscos levantados; e, a avaliação da eficácia e eficiência da solução aplicada que pode ser preventiva, preditiva, mitigadora, aceitação e ou transferência.

As informações que devem ser incluídas nos planos de tratamento de riscos segundo a NBR ISO 31000 (2012) são as razões para a seleção das opções de tratamento, incluindo os benefícios que se espera obter; os responsáveis pela aprovação do plano e os responsáveis pela implementação do plano; ações propostas; os recursos requeridos, incluindo contingências; medidas de desempenho e restrições; requisitos para a apresentação de informações e de monitoramento; cronograma e programação.

2.2.8. Técnicas de identificação de riscos

Em síntese geral da literatura e análise das publicações de Ruppenthal (2013), Cozza (2012), Kohler et al (2012), Dagnino Junior (2007), Veritas (2006) e as normas e regulações da VALEC (2014), CETESB (2013), NBR ISO/IEC 31010 (2012) e NBR ISO 31000 (2009) técnicas quantitativas e qualitativas podem ser observadas em uso na Gestão e Análise de Riscos. E dentre as ferramentas que mais se destaca são: análise preliminar de risco (APR); análise preliminar de perigo (APP); análise de segurança da tarefa (AST); autorização para trabalho em risco (ATR); permissão para trabalhos especiais (PTE); permissão de trabalho com potencial e risco (PTPR); estudo de operabilidade de perigo (HAZOP); análise de modo de falha e efeito (FMEA); *E se?*; Análise de árvores de falhas (AAF); árvore das caudas (ADC); e técnica de incidentes críticos.

Tabela 1 - Organização das técnicas de análise de riscos e suas aplicações

Nome	Características Básicas	Aplicações Principais	Observações
APP APR AST	Revisar os principais perigos/riscos através de um formato padrão considerando causa, efeito, categoria de perigo/risco e medidas preventivas e corretivas.	Técnica inicial de investigação. Aplicada à revisão de segurança de todo um projeto.	Não exige alto grau de conhecimento técnico para utilização da técnica.
ATR PTE PTPR	Variante da APP/APR/AST, considerado os passos de uma tarefa na análise.	Uso antes de tarefas não rotineiras, e que existe potencial de perigo/risco, que deverá ser analisado antes de seu início para liberação do trabalho e monitorado periodicamente.	Mesma característica da APP/APR pode ser mais simples usando-se apenas a descrição dos passos da atividade, o perigo/risco e medidas preventivas.
HAZOP	Análise inicial de processos; busca analisar como o processo pode se desviar das intenções do seu projeto.	Desenho de fluxos e operações industriais.	Técnica muito popular na engenharia de processos. Fácil aplicação e aceitação.
FMEA	Análise que busca os principais modos de falhas de um dispositivo, equipamento ou sistema verificando ainda os efeitos, modos de detecção e ações de compensação a serem tomadas.	Útil na definição de ações nas emergências operacionais oriundas de equipamentos.	Os efeitos considerados incluem a possibilidade de lesões ao pessoal, dano ambiental e problemas de continuidade operacional.
E Se?	Procedimento de revisão dos perigos/riscos através de um questionamento livre e estruturado.	Uso geral em projetos, procedimento, mudanças, etc.	Altamente eficiente quando bem aplicado, pode ser exaustivo e única ferramenta de análise na grande parte dos casos.

AAF	Técnica que permite analisar a ocorrência de um evento indesejado, partindo-se do fato catastrófico e questionando-se, retroativamente, os eventos que levavam ao mesmo. O processo evolui de forma muito detalhada até as causas básicas das diferentes ramificações geradas.	Eventos altamente indesejados em sistemas complexos incluindo interações operacionais. Aplicações em confiabilidade de sistemas em geral. Obtenção da probabilidade de eventos de risco, como parte de estudos de risco social e individual em um entorno industrial, para fins de proteção ambiental.	Aplicabilidade limitada, pois sua profundidade e detalhamento demandam maiores esforços e uso de software especializado. Grandes benefícios podem ser obtidos mesmo na fase qualitativa. Necessita de estudos complementares.
ADC	Forma simplificada que serve muito bem para a descrição e a análise de acidentes não inclui quantificação e o uso de comportas lógicas é limitado às principais. Os eventos da cadeia são analisados quanto à sua possível "inibição", para fins de	Análise e descrição de acidentes ocorridos. Podem eventualmente ser usados "a priori".	Simplicidade permite seu uso generalizado, seja pela CIPA ou pelo SESMT, incluindo-se trabalhadores no grupo de estudo.

Fonte: Acervo dos autores

3. Proposta de utilização da ferramenta HAZOP como prática diária na investigação de perigos

Para o alcance dos objetivos propostos neste artigo, que envolve a prática investigativa de perigos e a geração de oportunidades, um trecho urbano ferroviário é selecionado para estudo, aleatoriamente, e aplicação da metodologia de análise de riscos citada na sessão 2.

O trecho ferroviário selecionado está localizado no município de Uberaba, Estado de Minas Gerais, possui 50 metros de extensão e envolve os bairros Tita Rezende e Lourdes (sobre a coordenada geográfica 47°54.47'O/19°44.309'S de Greenwich). A região ao qual o estudo é aplicado possui médias térmicas acima de 18°C e está inserido no bioma Cerrado, com precipitação pluviométrica de 350 mm; o principal recurso hídrico é o Rio Uberaba; o solo é predominantemente latossolo vermelho-escuro álico A, textura argilosa; clima local é do tipo tropical cujo domínio climático é quente com dois subdomínios climáticos semiúmido com 4 a 5 meses secos e úmido com 3 meses secos.

3.1. Seleção do Método de Investigação

Tendo a análise de risco o foco na verificação dos pontos críticos que possam vir a apresentar não conformidade durante e após a construção das vias ferroviárias, o método (técnica) escolhido para a discussão e identificação de perigos é o HAZOP, por favorecer o reconhecimento das diversas situações operantes no sistema.

3.2. Análise local

Durante 10 dias, que ocorreram no mês de março de 2017, diversas situações operantes no sistema foram identificadas e catalogadas para a investigação de riscos e perigos. Dentre os modos analisados, destacam: erosão; poluição do solo e minas d'água; e travessia e instalações irregulares.

3.2.1 Situação operante um: erosão

A erosão é resultado do impacto sobre as propriedades físicas do solo, um processo mecânico que age em superfície e profundidade torna-se crítica pela ação catalisadora do homem que impacta o meio ambiente (MAGALHÃES, 2001).

Figura 1 - Processos erosivos destacados no trecho em estudo



Fonte: Acervo dos autores

Como consequência dos processos erosivos, podemos destacar: os deslizamentos de terra que causados pela retirada de cobertura vegetal, tanto para instalação da estrutura da linha férrea como pela ocupação irregular de populações carentes nos arredores do trecho; supressão vegetal, ocasionado pelo estresse sofrido pela vegetação do entorno, a retirada de cobertura vegetal e queimadas, levando a extinção de espécies nativas; e ao aparecimento de pequenos sulcos e ao assoreamento da linha férrea.

3.2.2 Situação operante dois: poluição do solo e de minas d'água

Por ser um trecho de linha ferroviária urbana, a poluição das encostas é iminente; com descarte irregular de detritos pela população, ou mesmo com o escoamento das enxurradas que deslocam o lixo das ruas para as encostas da linha ferroviária.

Figura 2: Poluição do solo e de minas d'água no trecho em estudo



Fonte: Acervo dos autores

No decorrer do trecho urbano analisado no estudo e destacado na Figura 2, vários pontos com presença de mina d'água são observados, assim do ambiente poluído e com elevados processos erosivos de assoreamento.

3.2.3 Situação operante três: travessia e instalações irregulares de pessoas

A presença de moradores nos arredores do trecho da linha pode causar o desabamento das residências e interrupção da passagem do trem, e a travessia irregular de pedestres podem gerar acidentes de atropelamento e mortes. Estas características também são observadas e registradas na Figura 3.

Figura 3 - Instalação e travessia irregular de pessoas



Fonte: Acervo dos autores

3.3. Aplicação da Ferramenta HAZOP

O estudo de operabilidade e riscos (HAZOP) é uma ferramenta de Análise de Riscos desenvolvida na década de 60 para identificar riscos e problemas operacionais em plantas de processos industriais, esta técnica tem sido efetivamente utilizada em qualquer estágio da vida útil de plantas industriais.

A ferramenta HAZOP é muito aplicada para identificar os riscos relacionados à segurança em área industriais. Borelli et al (2015) destaca que, a metodologia visa sempre detectar perigos/riscos potenciais para reduzir ou eliminar acidentes e impactos aos processos industriais, buscando-se melhorar a qualidade das operações e de vida das pessoas no ambiente industrial e de trabalho.

Tabela 2 - Máscara da ferramenta HAZOP

HAZOP- Hazard and Operably Studies					
Unidade:	Parâmetro:	Equipe:		Revisão	
Sistema:	Nó:	Data:		Nº	
Palavra-Guia	Desvio	Causa	Consequência	Detecção	Recomendações

Fonte: Acervo dos autores

O processo de execução de um estudo de HAZOP é estruturado e sistemático, tal como destaca a Tabela 2. Portanto, se faz necessário o entendimento de alguns termos específicos que são utilizados no desenvolvimento de uma Análise de Riscos:

- a) Nós-de-estudo - são relacionados aos pontos do processo em análise, localizados através dos fluxogramas da planta;
- b) Intenção de operação - a intenção de operação define os parâmetros de funcionamento normal da planta, na ausência de desvios, nos nós-de-estudo;
- c) Desvios - os desvios são afastamentos das intenções de operação, que são evidenciados pela aplicação sistemática das palavras-guia aos nós-de-estudo, ou seja, são distúrbios provocados no equilíbrio do sistema;
- d) Causas - são os motivos pelos quais os desvios ocorrem. As causas dos desvios podem advir de falhas do sistema, erro humano, um estado de operação do processo não previsto e fatores externos;
- e) Consequências - as consequências são os resultados decorrentes de um desvio da intenção de operação em um determinado nó-de-estudo;
- f) Parâmetros de processo: são os fatores ou componentes da intenção de operação, ou seja, são as variáveis físicas do processo (como vazão, pressão, temperatura) e os procedimentos operacionais;
- g) Palavras-guia - são palavras utilizadas para qualificar os desvios da intenção de operação e para guiar e estimular o grupo de estudo ao *brainstorming*. As palavras-guia são aplicadas aos parâmetros de processo que permanecem dentro dos padrões estabelecidos pela intenção de operação. Aplicando as palavras-guia aos parâmetros de processo, em cada nó-de-estudo da planta em análise, procura-se descobrir os desvios passíveis de ocorrência na intenção de operação do sistema.

Para a utilização da técnica, com o objetivo de utilizá-la como o início dos trabalhos de gestão, uma equipe de análise preliminar é criada, composta de pessoas de múltiplas áreas. A ferramenta é então conduzida durante dez dias, devido à complexidade e do número de circuitos a analisar. A organização do entendimento do sistema em estudo (trecho ferroviário) é conduzida por um professor-orientador (líder da equipe).

Assim, a partir do conhecimento e discussão do sistema em estudo a ferramenta HAZOP é aplicada sobre os modos operantes do sistema ferroviário identificados nas sessões 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3. Uma máscara geral da análise é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise geral dos modos operantes pela ferramenta HAZOP

Subsistema 1: Deslizamento de Terra.					
Palavras-guia	Desvio	Causa	Consequência	Deteção	Recomendações
Nenhum	ausência de estabilidade	retirada da vegetação	descarrilamento do trem	Visual	aplicação das técnicas de estabilização de talude.
Mais	erosão	escoamento superficial da água das chuvas	desmoronamento do talude	visual	revegetação com espécies típicas da região.
Menos	infiltração da água no solo	velocidade de escoamento da água maior que capacidade de absorção do solo	inundação da linha do trem	visual	manutenção periódica nos trilhos.
Subsistema 2: Supressão Vegetal.					
Nenhum	Ausência de um PRAD	Ausência da vegetação do entorno		extinção de espécies nativas: fauna e flora;	Realização do EIA; Realizar técnicas de estabilização de talude; realizar medidas mitigatórias.
Mais	retirada de cobertura vegetal;	Aparecimento de pequenos Sulcos;		assoreamento da linha;	
Subsistema 3: Contaminação do Solo.					
Outro que não	Derramamento de carga potencialment e poluidora;	contaminação das águas subterrâneas e do lençol freático.		Monitoramento periódico da qualidade dos solos e das águas subterrâneas; manutenção periódica nos vagões de carga.	
Subsistema 4: Geração de Efluentes.					
Outro que não	Atividades inerentes à manutenção do equipamento ferroviário.	Contaminação de recursos hídricos próximos.		as operações dos serviços de manutenção do equipamento ferroviário devem ser feitas em áreas pavimentadas, bem como devem ser instaladas caixas de areia e caixas separadoras de óleo a fim de que esses elementos não atinjam o solo e os cursos d'água.	
Subsistema 5: Acidentes.					
Além de	passagem irregular da população pela linha férrea.	Atropelamento; morte		sinalização no entorno; cercamento da linha.	

Fonte: Acervo dos autores

Na tabela 3, os sistemas foram separados em seções ou nós; as palavras-guia foram combinadas com os parâmetros, gerando os desvios. Para cada desvio, foram listadas as possíveis causas (razões pelas quais os desvios ocorrem), consequências (resultados dos desvios) e formas de detecção de ocorrência do evento avaliando a necessidade ou não de alguma recomendação. O objetivo final das recomendações é a possível promoção de mudanças que aumentem a margem de segurança para os desvios, de forma que, dependendo da magnitude do desvio, as consequências não tenham grandes impactos na segurança da população e meio ambiente.

4. Conclusão

Foi possível identificar os potenciais perigos a população e ao ambiente em uma estrutura ferroviária em perímetro urbano, devido a confiabilidade da ferramenta HAZOP. Os perigos identificados necessitam de imediata atenção de técnicos especializados, da empresa responsável e dos órgãos governamentais, a fim de evitar futuros transtornos aos envolvidos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Renan de Castelo Branco et al. INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA DO METRÔ E IMPACTOS AMBIENTAIS NO PERÍMETRO URBANO DE TERESINA - PIAUÍ. **ViiConnepi**, Palmas, v. 1, n. 1, p.1-8, out. 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4378/2400>>.

Acesso em: 20 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 31000**: Gestão de riscos — Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: AbntNbr, 2009. 32 p. Disponível em:

<<https://gestravp.files.wordpress.com/2013/06/iso31000-gestc3a3o-de-riscos.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 31010**: Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro, 2012. 126 p.

AWASU, Luis Antonio de Melo. **Análise, avaliação e gerenciamento de riscos no processo de avaliação de impactos ambientais**. MAIA (Manual de Avaliação do Impacto Ambiental) 3200. São Paulo, 1993. p. 1-54.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e Gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2006. 509p.

BLOKKER, Esko. **A utilização da análise de riscos nos estudos de impacto ambiental**. [S.l.: s.n: s.d.].

BORELLI, Sidney et al. Metodologia HAZOP: Segurança e Sustentabilidade no Processo Industrial. **Revista Eletrônica Facp**, Paulínea, Sp, v. 3, n. 07, p.01-15, jan. 2015. Disponível em:
<<http://198.136.59.195/~facp/revista/index.php/reFACP/article/view/38/pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

BRASIL. Ministério dos Transporte, Portos e Aviação Civil. Banco de informações integradas - transporte ferroviário. 2017.

CESARO, Lenice Raquel de. **ADAPTAÇÃO DAS TÉCNICAS APR E HAZOP AO SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO E MEIO AMBIENTE**. 2013. 85 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em:
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1563/1/CT_CEEEST_XXV_2013_40.pdf>. Acesso em: 03 maio 2017.

CETESB. **Histórico Mundial**. Estudo de Análise de Risco. Disponível em:
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/Emeg?ncias-Qu?micas/11-Hist?rico>> Acesso em 09 maio 2013.

CETESB. **Programa de gerenciamento de riscos em terminais químicos e petroquímicos da Baixada Santista**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/analise-de-risco-tecnologico/278-documentos-tecnicos---terminais-maritimos>> Acesso em 09 maio 2013.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p.01-50, 2007. Disponível em:
<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/Risco_Ambiental__Conceitos_e_Aplicacoes.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.

FOGLIATTI, Maria Cristina. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação as Sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro: Inteciência, 2004. 186p.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Formalização do conceito de risco**. Em: Pesquisa Naval: Suplemento Especial da Revista Marítima Brasileira. Rio de Janeiro, v.1, n.12, p.31-50, 1999.

KIRCHHOFF, Denis. **Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição gás brasileiro trecho São Carlos - Porto Ferreira**. 2004. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-sp, 2004. Disponível

em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=415526&indexSearch=ID>>. Acesso em: 12 mar. 2017

KOHLER, Raquel; SPECHT, Luciano P.; BRONZATI, Giovanni D.. Ruído causado pelo transporte ferroviário em um segmento urbano: estudo do caso da cidade de Ijuí-RS. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Ijuí, v. 1, n. 19, p.13-23, maio 2012. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art2_N19.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2016.

MAGALHÃES, R.A (2011). Erosão: definições, tipos e formas de controle. XXIV Seminário de Grandes Barragens, v.1, p 155-169.

NORMA TÉCNICA P4.261. **Risco de Acidente de Origem Tecnológica–Método para decisão e termos de referência**. 2. ed. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011.

OLIVEIRA, Otávio José de; PINHEIRO, Camila Roberta Muniz Serra. Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.51-61, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2010000100005>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000100005>. Acesso em: 10 mar. 2017.

OLIVEIRA, Otávio José de; SERRA, José Roberto. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Produção**, Bauru-sp, p.01-10, jun. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop_T6_0009_0078.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2017.

POFFO, Íris Regina; GOVEIA, Jorge Luiz Nobre; HADDAD, Edson. **Acidentes ambientais e comunicação de riscos**. II Congresso Brasileiro de Comunicação Ambiental, São Paulo, 24 a 26 de agosto de 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/artigos/artigos/ac_amb_comunic_riscos.pdf> Acesso em 09 maio 2013.

SILVA, Ercília de Fátima Pegorari. **FERROVIAS: DA PRODUÇÃO DE RIQUEZAS AO APOIO LOGÍSTICO NO TRIÂNGULO MINEIRO**. 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16043/1/Eracilia.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

UPPENTHAL, Janis Elisa. **Gerenciamento de Riscos**. Santa Maria - Rs: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2013. 120 p. Disponível em: <<http://canal.unigranrio.com.br/enade2016/gestao-ambiental/biblioteca/gestao-de-produtos-perigosos-e-analise-de-risco.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

VITOR BELLIA (Rio de Janeiro). Ministério dos Transportes. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA:

Extensão da Ferrovia Norte Sul Entre Ouro Verde de Goiás - GO e Estrela d'Oeste - SP. Ouro Verde de Goiás:

Oikos, 2009. 50 p. Disponível em:

<http://www.oikos.com.br/site_ok/adobados/EIA_RIMA_FSN_SUL/86FNS_2009_11_27_RIMA/86FNS_RIM

A_V2.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2017.