

GERENCIAMENTO DE RISCO EM OFICINA DE MANUTENÇÃO: ESTUDO DE CASO NO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS

ADMINISTRACIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS EN MANTENIMIENTO: ESTUDIO DE CASO EN TRANSPORTE PÚBLICO EN AUTOBÚS

RISK MANAGEMENT IN MAINTENANCE WORKSHOP: CASE STUDY IN PUBLIC TRANSPORT BY BUS

Rogério Vicente Melo*
rogerio-vice@bol.com.br

Eduardo Souza Lima**
eslima1@hotmail.com

Ualison Rebula de Oliveira**
ualison.oliveira@gmail.com

*Faculdade Sul Fluminense, Volta Redonda/RJ – Brasil
** Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda/RJ - Brasil

Resumo

Em oficinas de manutenção, um grande e variado número de riscos podem causar inúmeros danos materiais, além de acidentes que afetam a saúde e segurança física das pessoas envolvidas neste processo. O presente artigo tem por objetivo identificar processos críticos em oficinas de manutenção, formulando assim, planos de ação para o tratamento destas falhas. Para tal, foi realizado um estudo de caso em uma oficina de manutenção, de uma empresa de transporte público por ônibus, localizada na Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, onde, através da aplicação e integração das ferramentas Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise de Modo e Efeito de Falhas (FMEA) e Análise de Árvore de Evento (ETA), em conjunto com a participação de especialistas, foi possível atingir os objetivos propostos. A pesquisa proporcionou mudanças no processo de manutenção da empresa pesquisada e possibilitou melhorias para a mesma, além de contribuir com o setor.

Palavras-chave: Gestão de Riscos. Oficina de Manutenção. Transporte Público. FMEA. ETA.

Resumen

En los talleres de mantenimiento, una gran y variada cantidad de riesgos pueden ocasionar numerosos daños materiales, además de accidentes que afecten a la salud y seguridad física de las personas involucradas en este proceso. Este artículo tiene como objetivo identificar los procesos críticos en los talleres de mantenimiento, formulando así planes de acción para abordar estas fallas. Para ello, se realizó un estudio de caso en un taller de mantenimiento de una empresa pública de buses, ubicada en la Región Fluminense Sur del Estado de Río de Janeiro, donde, mediante la aplicación e integración de las herramientas de Análisis Preliminar de Riesgos (APR), Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA) y Análisis de Árbol de Eventos (ETA), junto con la participación de expertos, fue posible lograr los objetivos propuestos. La investigación aportó cambios en el proceso de mantenimiento de la empresa investigada y permitió mejoras en la misma, además de aportar al sector.

Palabras clave: Gestión de riesgos. Tienda de mantenimiento. Transporte público. FMEA. ETA.

Abstract

In maintenance workshops, a large and varied number of risks can cause numerous material damages, in addition to accidents that affect the health and physical safety of the people involved in this process. This article aims to identify critical processes in maintenance workshops, thus formulating action plans to address these failures. To this end, a case study was carried out in a maintenance workshop of a public bus company, located in the South Fluminense Region of the State of Rio de Janeiro, where, through the application and integration of the Preliminary Risk Analysis tools (APR), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Event Tree Analysis (ETA), together with the participation of experts, it was possible to achieve the proposed objectives. The research provided changes in the maintenance process of the researched company and enabled improvements to it, in addition to contributing to the sector.

Keywords: Risk Management. Maintenance shop. Public transportation. FMEA. ETA.

1. INTRODUÇÃO

No início da década de 1950, o transporte rodoviário, seja ele de carga ou passageiros, passa a ser o mais importante meio de transportes no Brasil (BELLUCCI *et al.*, 2014). Ainda para o mesmo autor, este fato se deu com o advento da abertura de inúmeras estradas, pavimentadas ou não, para escoar a produção industrial e agrícola, e para o transporte de passageiros. De acordo com Valente *et al.* (2008), com a má conservação destas estradas, os veículos passam a necessitar de manutenções quase que periódicas, como é o caso dos veículos que transportam passageiros.

Entendendo a necessidade de garantir a qualidade da manutenção, ao mesmo tempo em que é preciso diminuir os custos operacionais e o prejuízo com os veículos parados, as técnicas de manutenção destes equipamentos, vão sofrer grandes modificações em direção da qualidade, aliada ao baixo custo (TSANG, 2002; MENNO *et al.*, 2020). Estas mudanças significam maior especialização destes profissionais, além do aprimoramento constante das técnicas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva (VALENTE *et al.*, 2008). Entre estas técnicas, segundo Fernandez-Sanchez *et al.* (2015), encontram-se a identificação de perigos e a Análise Preliminar de Risco (APR). Técnicas estas que podem ser aplicadas nas oficinas de manutenção mecânica, e que buscam a melhoria nos processos relacionados a saúde e a segurança dos trabalhadores (FERNANDEZ-SANCHEZ *et al.*, 2015).

Segundo Bilska (2020), McElroy *et al.* (2015) e Brito *et al.* (2012), analisar risco significa identificar prováveis perigos em um determinado ambiente, além de determinar suas probabilidades e severidades correspondentes. Ainda segundo os mesmos autores, além desta identificação, também é necessário implementar medidas que garantam a segurança e a saúde

dos trabalhadores, visando mitigar ou eliminar estes acidentes. Özfirat *et al.* (2017) indicam alguns dos vários métodos existentes de análise de risco, tais como: análise preliminar de risco (APR), análise de matriz L, análise de árvore de evento (ETA), análise de árvore de falhas (FTA) e análise de risco e operacionalidade (HAZOP).

Diante do exposto, este estudo pretende resolver o problema desta pesquisa, respondendo a seguinte pergunta: Quais são os riscos existentes em uma oficina mecânica de manutenção do transporte coletivo por ônibus, e como eles podem ser identificados, analisados, avaliados e tratados?

O objetivo geral da pesquisa consistirá em levantar os riscos existentes nos vários ambientes de trabalho dentro de uma oficina mecânica de manutenção do transporte coletivo por ônibus, por meio das ferramentas Análise Preliminar de Risco (APR), Análise de Modo e Efeito de Falhas (FMEA) e da Análise da Árvore de Eventos (ETA), com o intuito de disponibilizar ao Gerente de Manutenção, recomendações que possam minimizar ou eliminar os riscos avaliados. E os objetivos específicos são: i) identificar as etapas do macroprocesso; ii) identificar o processo crítico; iii) identificar as atividades do processo crítico; iv) identificar os modos de falha do(s) processo(s) crítico(s) e seu(s) nível(s) de risco(s); v) montar o ranking das causas do(s) modo(s) de falha(s) de alto risco; vi) modelar, calcular e classificar os diferentes cenários a partir do evento iniciador; vii) desenvolver e aplicar plano de ação para mitigar causas de alto risco; e viii) reanalisar os resultados após aplicação do plano de ação.

Cabe ainda destacar que esta pesquisa se deu em uma empresa do setor de Transporte Público por Ônibus, localizada na Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, aqui identificada apenas por Empresa de ônibus X, no período de 02 de setembro de 2019 a 20 de dezembro de 2019.

Assim, para se responder estas questões da pesquisa, o artigo foi elaborado da seguinte forma: no tópico 2, será apresentada uma revisão bibliográfica, onde se dará destaque aos termos e definições de risco, e as três ferramentas usadas nesta pesquisa: (i) Análise Preliminar de Risco (APR); (ii) Análise de Modo e Efeito de Falhas (FMEA) e (iii) Análise da Árvore de Eventos (ETA). No tópico 3, serão abordados aspectos da metodologia utilizada para a realização da pesquisa. No tópico 4, serão apresentados os resultados obtidos e suas devidas análises. E por fim, no tópico 5, a conclusão do estudo realizado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gerenciamento de Risco

De acordo com a Norma ISO 31000 (2009), Risco é o efeito das incertezas no objetivo. O efeito é um desvio em relação ao esperado, positivo e/ou negativo, e os objetivos podem ter diferentes aspectos, como metas financeiras, de saúde, de segurança e ambientais, e podem aplicar-se em diferentes níveis tais como estratégico, em toda organização, de projeto, de produto e de processo (ISO 31000, 2009).

Para Bilska (2020), Hult *et al.* (2010) e Schuyler (2001), risco é o efeito acumulativo da probabilidade de incerteza que pode afetar positivamente (oportunidade) ou negativamente (ameaça) o projeto. De acordo com De Oliveira *et al.* (2017) e Hendricks *et al.* (2009) o gerenciamento de riscos é baseado em atividades coordenadas para orientar e controlar uma organização em relação aos riscos. Para a Norma ISO 31000 (2009), o risco é muitas vezes expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento, incluindo mudanças nas circunstâncias, e a probabilidade de ocorrência associada.

A Norma ISO 31000 (2009) define o processo de gerenciamento de riscos por meio de sete elementos principais: comunicação e consulta; estabelecimento do contexto; identificação de risco; análise de risco; avaliação de risco; tratamento de risco; e monitoramento e revisão crítica (DOMINGUES *et al.*, 2017). A figura 1 a seguir, mostra de forma clara esta definição:

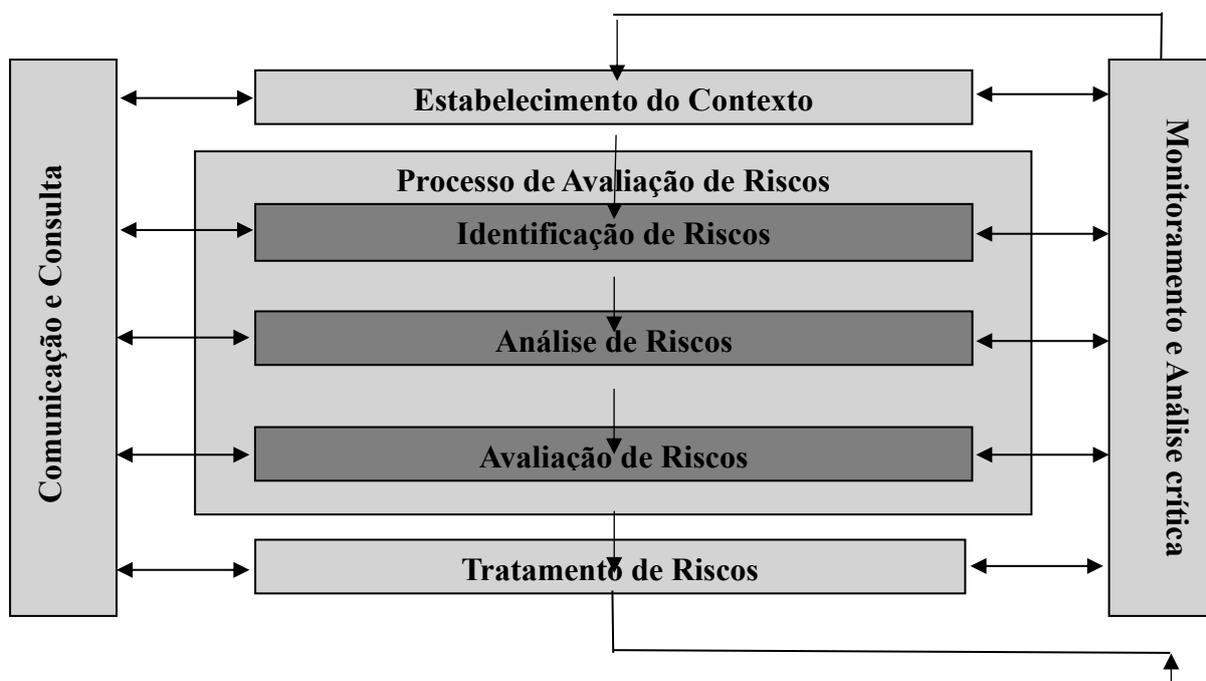


Figura 1: Processo de Gestão de Riscos (ISO 31000)
Fonte: ISO 31000 (2009)

A Norma ISO 31000 (2009) é nova, em termos relativos, tendo em vista ter sido publicada no final da última década (DE OLIVEIRA *et al.*, 2017). As atividades relativas ao gerenciamento de risco de processo, tiveram seu início na década de 1970, e os métodos e processos de análise de risco mais populares desenvolvidos e implementados neste período são HAZOP, FMEA, FTA e ETA (KHAN *et al.*, 2015).

Na atualidade, a gestão de riscos é entendida como uma ferramenta para qualquer setor de atividade (DOMINGUES *et al.*, 2017 ; BILSKA *et al.*, 2020). Ainda segundo o mesmo autor, em uma economia de escala global, onde se destaca a elevada volatilidade devido à incerteza dos mercados, a gestão de risco é fundamental para os tomadores de decisão, no sentido de se obter elevados ganhos de produtividade.

Em 2012, com o propósito de regulamentar a ISO 31000 de 2009, é editada e validada a ISO/IEC 31010, que trata das técnicas para o processo de avaliação de riscos. Ela é uma norma de apoio a ISO 31000 e fornece orientações sobre a seleção e aplicação de técnicas sistemáticas para o processo de avaliação de riscos (KHAN *et al.*, 2015).

Ela considera que o processo de avaliação de risco deverá ser realizado de acordo com a estrutura e o processo de gestão de riscos, descrito na ISO 31000 de 2009 (BRITO *et al.*, 2012). Ainda de acordo com Brito *et al.* (2012), esta estrutura da gestão de riscos, fornece políticas para procedimentos e arranjos organizacionais, que incorporarão a gestão de riscos através da organização em todos os seus níveis. De acordo com Hult *et al.* (2010), para se avaliar os riscos, o uso de técnicas se fará necessário, neste sentido esta norma disponibiliza uma gama de ferramentas e técnicas, que auxiliarão nestas análises.

2.2. A Ferramenta “Análise Preliminar de Risco” APR

A APR é um método de análise simples e indutivo, que tem por objetivo identificar os perigos, situações e eventos perigosos que podem causar danos em uma determinada atividade, instalação ou sistema (KHAN & HUSAIN, 2001). De acordo com Huang *et al.* (2007), a análise preliminar de riscos é uma técnica semelhante a uma sessão de *brainstorming* entre especialistas em várias partes do sistema, em busca de uma identificação inicial. Ainda de acordo com os mesmos autores, esta lista de funções do sistema, identificadas durante o processo para identificação de perigos, fornece um ponto de partida e alcance para APR.

Para Mohammadfam & Zarei (2015), a APR consiste do estudo, na fase de criação ou desenvolvimento de um novo sistema, a fim de determinar quais riscos poderão estar presentes na sua fase operacional. Desta forma, a APR é uma análise inicial qualitativa, que é

desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema, possuindo assim, uma especial importância na investigação de sistemas novos de alta inovação ou pouco conhecidos (MOHAMMADFAM & ZAREI 2015). Ainda de acordo com os autores, apesar de suas características básicas de análise inicial, ela é de grande utilidade como ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, mostrando aspectos que muitas das vezes passam despercebidos.

2.3. A Ferramenta “Análise de Árvore de Eventos” ETA

Segundo a Norma ISO 31010 (2012), a ETA é uma técnica gráfica para representar as sequências mutuamente excludentes, de eventos, após um evento iniciador, de acordo com o funcionamento ou não funcionamento dos vários sistemas projetados para mitigar as suas consequências, ela pode ser aplicada de forma qualitativa ou quantitativa. Ramzali *et al.* (2015) percebem a ETA desdobrando-se como uma árvore, desta forma, ela é capaz de representar os eventos agravantes ou atenuantes em resposta ao evento iniciador, levando em consideração sistemas, funções ou barreiras adicionais.

Segundo Hong *et al.* (2009) e Özfirat *et al.* (2017), a ETA é uma ferramenta que representa a segurança do sistema com base nas proteções dos sub eventos. Para Nývlt & Rausand (2012), os eventos subsequentes prováveis são independentes, e o resultado final específico depende apenas do evento iniciador e do subsequentes. Portanto, a probabilidade de ocorrer de um caminho específico pode se obter multiplicando as probabilidades dos eventos subsequentes neste caminho (HONG *et al.*, 2009; BEIM & HOBBS, 1997).

2.4.A Ferramenta “Análise de Modo e Efeito de Falha” FMEA

Segundo a ISO 31010 (2012), a FMEA é uma técnica usada para a identificação das formas em que componentes, sistemas ou processos podem falhar ao atender o intuito de seu projeto. A FMEA é um método utilizado para a análise de um sistema/processo com o objetivo de identificar possíveis modos de falha, suas causas e efeitos no desempenho de um sistema (CERTA *et al.*, 2017; PETROVIC *et al.*, 2014; e JIANG *et al.* 2017). Já para Liu *et al.* (2014) a FMEA possui a característica de ser uma ferramenta de avaliação de risco, utilizada para definir, identificar e eliminar possíveis falhas ou problemas, encontradas em produtos, processos, projetos e serviços.

Puente *et al.* (2002), Carbone & Tippett (2004) e Fernandes & Rebelato (2006) entendem que é com base em três elementos, que são severidade, ocorrência e detecção, é que o método FMEA mostra e prioriza quais modos de falha acarretam os maiores riscos ao

cliente, e que portanto, merecem atenção. De acordo com Stamatis (2003), existem três tipos principais de FMEA: a FMEA de Sistemas, a FMEA de Produtos e a FMEA de Processos, as quais serão apresentados no quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Três tipos principais de FMEA.

FMEA de Sistema	FMEA de Produto	FMEA de Processo
Utilizado para avaliar as falhas em sistemas nos estágios iniciais de conceituação e projeto.	Utilizado para avaliar possíveis falhas no projeto do produto antes da sua liberação para a manufatura.	Utilizado para avaliar as falhas em processos antes da sua liberação para produção.
Enfoca as falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes.	Enfoca as falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do projeto em atender aos objetivos predefinidos.	Enfoca as falhas do processo em relação ao cumprimento dos seus objetivos predefinidos e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Stamatis (2003)

Pelo motivo de ser uma ferramenta com alto grau de visibilidade e possuir tamanha simplicidade, a FMEA é talvez a mais popular ferramenta de análise de segurança e confiabilidade utilizada em produtos e processos, e tem sido empregada de forma ampla em um número crescente de indústrias, como solução para diversos problemas de confiabilidade (CERTA *et al.*, 2017; LIU *et al.* 2014; PUENTE *et al.* 2002; BOWLES & PELÁEZ, 1995).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Quanto a natureza e de acordo com Gil, (2002); Creswell, (2007); Gerhardt & Silveira, (2009), esta é uma pesquisa aplicada, pois a mesma se propôs identificar, analisar, avaliar e tratar riscos no setor de manutenção de uma empresa de transporte público por ônibus. Quanto ao método de abordagem esta pesquisa utilizou o estudo de caso, que consistiu em levantar informações, por um período de tempo prolongado, sem se seguir uma rigidez em sua linha de investigação (YIN, 2001; GIL, 2002; CRESWELL, 2007).

O estudo de caso no setor de manutenção da empresa de transporte público por ônibus pesquisada se deu em oito etapas conforme ilustra o quadro 2 a seguir:

Quadro 2: Método para identificar e estudar o processo crítico no setor de manutenção

ETAPA	ATIVIDADE	MÉTODO
1º	Identificar as Etapas do Macroprocesso – Especialistas	Mapeamento
2º	Identificar o Processo Crítico – Especialistas	APR
3º	Identificar as Atividades do Processo Crítico – Especialistas	Mapeamento
4º	Identificar os Modos de Falha do(s) Processo(s) Crítico(s) e Seu(s) Nível(s) de Risco(s)	FMEA
5º	Montar o Ranking das Causas do(s) Modo(s) de Falha(s) de Alto Risco	Cálculo RPN
6º	Modelar, Calcular e Classificar os Diferentes Cenários a Partir do Evento Iniciador	ETA
7º	Desenvolver e Aplicar Plano de Ação para Mitigar Causas de Alto Risco	Especialistas
8º	Reanalisar os Resultados Após Aplicação do Plano de Ação	FMEA

Fonte: Preparado pelos autores

As etapas identificadas no Quadro 2, são descritas com maior detalhe nas próximas subseções.

3.1. Identificação das etapas do macroprocesso

O mapeamento de processos teve por objetivo identificar as atividades na oficina de manutenção, de forma que fosse possível visualizar cada um desses processos e sua importância dentro da atividade como um todo. Para tanto, foi necessária uma reunião com um grupo de especialistas nas áreas de: segurança do trabalho e programação e gestão de manutenção. O grupo foi composto por um técnico em segurança de trabalho (com onze anos de experiência na área de manutenção), um gerente de manutenção e logística (com dez anos de experiência na área de transporte e transporte público) e dois chefes de oficina de manutenção de ônibus (respectivamente com trinta e dois e trinta e seis anos de experiência na área de manutenção em transporte público por ônibus).

3.2. Identificando o processo crítico

O grupo de especialistas que participou da etapa anterior atuou também na identificação do processo com maior criticidade no setor de manutenção. Nesta etapa foi estabelecido o uso da APR, o objeto da análise foi a atividade manutenção na empresa de transporte público por ônibus, e as fases foram cada um dos processos praticados na oficina. O grupo de especialistas avaliou cada processo do macroprocesso mapeado no passo anterior, permitindo a identificação do mais crítico, que foi a base para a análise no próximo passo.

3.3. Identificando as atividades do processo crítico

Após a definição do processo crítico, identificado através do uso da APR e participação do grupo de especialistas, foi necessária uma terceira reunião com este mesmo grupo, objetivando identificar a sequência lógica de atividades no processo crítico. Desta forma, o mapa do referido processo crítico, foi desenvolvido e posteriormente validado por este mesmo grupo, através da observação *in loco*, das atividades realizadas no processo mapeado. Assim, após esta certificação, foi possível obter diversas informações que ajudaram a compreender mais profundamente as atividades do processo mapeado.

3.4. Identificando os modos de falha do processo crítico

Após identificar, na etapa anterior, as atividades do processo crítico, foi preciso identificar as falhas existentes neste mesmo processo, além de calcular o grau de prioridade de

risco para cada uma destas falhas identificadas, distinguindo assim cada uma delas em alta, média e baixa prioridade. Para este fim, utilizou-se a ferramenta FMEA.

3.5. Ranking das causas dos modos de falha de alto risco

Nesta etapa, logo após a FMEA identificar e quantificar os modos de falhas através do RPN foi necessário mais uma vez a intervenção do grupo de especialistas. Desta vez para definir qual modo de falha deverá ser priorizado e tratado como de alto risco. Assim, ficou definido por este mesmo grupo, que a causa de modo de falha que apresentasse índices que se distanciavam de forma acentuada da média encontrada de Números de Prioridades de Risco (RPNs), seriam priorizadas e tratadas por esta pesquisa como causa de modo de falha de alto risco.

3.6. Aplicando a ETA

Nesta fase a pesquisa aplicou a ETA, para modelar, calcular e classificar os diferentes cenários, a partir do evento iniciador indicado na etapa anterior, através do ranqueamento das causas dos modos de falha de alto risco, com o objetivo de desenvolver um plano de ação para mitigar essas falhas e conseqüentemente os possíveis riscos.

3.7. Desenvolvendo e aplicando o plano de ação para mitigar causas de alto risco

Neste passo, a pesquisa foi direcionada para o desenvolvimento e aplicação de um plano de ação, com o objetivo de mitigar as causas de alto risco. Iniciaram-se estas ações, utilizando as recomendações que o FMEA disponibilizou quando de sua aplicação no passo quatro. Com estas recomendações, foi possível preparar um plano de ação para cada uma das causas consideradas de alto risco. Para os modos de falha que não fizeram parte desta lista, a pesquisa não formulou nenhum plano de ação. Porém, ela se utilizou das ações recomendadas pelo FMEA para orientar a gerência no intuito de diminuir estas causas de risco.

3.8. Analisando os Resultados Após Aplicação do Plano de Ação

Para analisar os resultados após a aplicação do plano de ação, foi necessário, ao final de 70 dias, a contar do início de sua aplicação, reaplicar o FMEA e recalcular os RPNs em todas as causas dos modos de falha do processo crítico. Com o intuito de avaliar a eficácia do método desenvolvido, foram novamente verificados os planos de ação de cada causa de alto risco, e comparado os resultados dos RPNs atuais com os RPNs anteriores.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Ao ser aplicada a metodologia proposta, foi possível visualizar todo o processo, e também suas falhas e fatos causadores de riscos. Estes resultados serão logo a seguir apresentados e analisados, conforme cada etapa do método proposto anteriormente.

4.1. Identificação das etapas do macroprocesso

Após ter aplicado o mapeamento de processos, e ter identificado cada passo das atividades da oficina de manutenção, na empresa de transporte urbano por ônibus proposta para pesquisa, foi possível produzir a sequência lógica das atividades do setor de manutenção, na aplicação da revisão preventiva, conforme descrito na figura 2 a seguir:

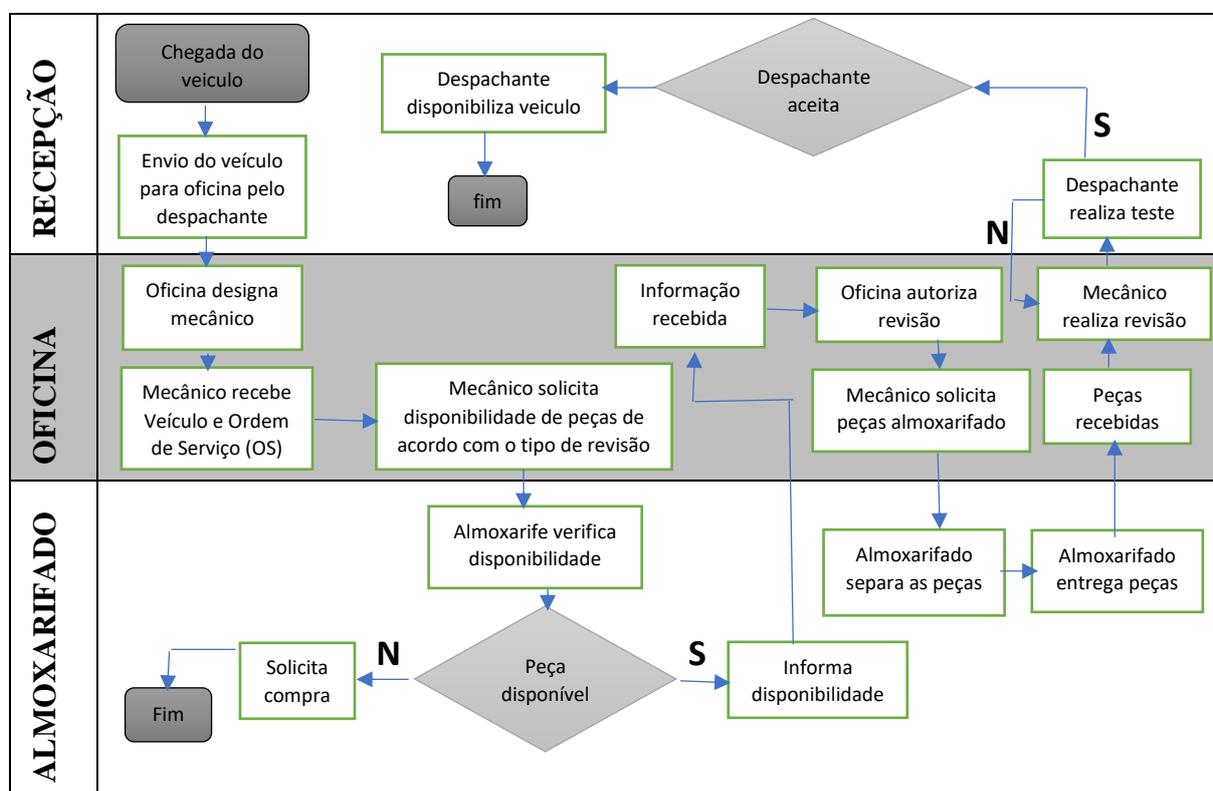


Figura 2: Macroprocesso das atividades de manutenção
Fonte: Preparado pelos autores

4.2. Identificação do processo crítico

A tabela 1 a seguir, apresenta a (APR), realizada no macroprocesso manutenção, somente nos processos relacionados com a atividade da oficina, conforme avaliado pelo comitê de especialistas. De acordo com os especialistas, nas fases em que a oficina designa o mecânico e o mesmo recebe o veículo e a ordem de serviço (OS), a possibilidade de ocorrência de falhas é muito baixa. As atividades nestas fases estão direcionadas apenas para

o fato do chefe da oficina designar um mecânico para a realização da manutenção e a entrega para o mesmo da OS com todas as orientações para que a manutenção se realize conforme o planejado.

Já na fase de Solicitação de disponibilidade de peças de acordo com o tipo de revisão, os especialistas detectaram um nível de risco considerado sério. Porém, este processo não foi selecionado como crítico, levando em consideração o fato do mesmo estar relacionado ao atraso na realização da manutenção e/ou na não realização da manutenção. Outro fator que também contribuiu para esta decisão, é o entendimento dos especialistas de que esta fase, mesmo estando dentro dos processos realizados pela oficina no momento da realização da manutenção, ela está relacionada com o setor de gestão de materiais (planejamento, compra, armazenamento e distribuição), assim, entende-se que esta análise deve ser feita pelo mesmo.

Tabela 1: APR do Macroprocesso Manutenção

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO - APR							
Objeto da Análise: Macroprocesso da Revisão Preventiva							Depto.:Manutenção
Local: Oficina							Data: 11/09/2017
Executado por: Equipe de Especialistas							Folha: 01
				CATEGORIAS			
FASE	RISCOS	POSSÍVEIS CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	F	S	R	AÇÕES REQUERIDAS
Oficina designa mecânico	Não designar o mecânico.	1 - Não recebimento da ordem de serviço (O.S.).	1 - Veículo não ser recolhido para manutenção preventiva	A	II	1	1 - Criar forma de controle que impeça o não recebimento da O.S.
Mecânico recebe veículo e Ordemde Serviço	Mecânico não receber o veículo e/ou ordem de serviço.	1 - Mecânico não acatar a ordem. 2 - Ordem de serviço extraviar.	1 – Atraso na manutenção. 2 – Não realização da manutenção.	A	II	1	1 – Regras mais rígidas para a gestão de pessoas e para o tratamento das O.S.
Solicita peças de acordo com revisão.	Faltar alguma(s) peça(s) para a realização da revisão.	1 – Setor de compras não repôs. 2 – Almoxarifado não registrou estoque zero das peças.	1 – Atraso na manutenção. 2 – Não realização da manutenção.	D	III	4	1 – Melhorar processos do setor. 2 – Melhorar o controle no almoxarifado.
Informação recebida	Atraso ou não recebimento da informação.	1 – Falha de comunicação. 2 – Falta de controle entre os processos.	1 – Atraso ou não realização da manutenção.	A	III	1	1 – Melhorar nível de controle nas informações entre os dois setores.
Oficina autoriza revisão.	Não autoriza ou atrasa a revisão.	1 – Atendimento de emergência para o mecânico designado.	2 – Atraso e/ou não realização da manutenção.	A	III	1	1 – Disponibilizar mecânico para atendimento extra.
Mecânico solicita peças.	Almoxarifado não atende.	1 – Erro ao verificar, na etapa anterior a disponibilidade.	1 – Atraso e/ou não realização da manutenção.	B	III	2	1 – Melhorar processos do setor almoxarifado.
Peças recebidas	Não recepção das peças.	1 – Erro ao verificar na etapa anterior disponibilidade de peças	1 – Atraso e/ou não realização da manutenção.	B	III	2	1 – Melhora no processo do almoxarifado.
Mecânico realiza	Mecânico não realiza a	1 – Falta de peças. 2 – Detecção de	1 - Atraso e/ou não realização da	D	IV	5	1 – Uso do Equipamento de

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO - APR												
Objeto da Análise: Macroprocesso da Revisão Preventiva						Depto.:Manutenção						
Local: Oficina						Data: 11/09/2017						
Executado por: Equipe de Especialistas						Folha: 01						
				CATEGORIAS								
FASE	RISCOS	POSSÍVEIS CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	F	S	R	AÇÕES REQUERIDAS					
revisão	manutenção programada	outros defeitos. 3 – Falha no equipamento e/ou instrumento de manutenção.	manutenção. 2 – Acidente de Trabalho.				Proteção Individual. 2 - Melhora na qualidade e no processo do almoxarifado.					
Class. da Frequência		Class. da Severidade		Frequência				Grau	Classificação			
A	Extremamente remota	I	Desprezível	Severidade	A	B	C	D	E	1	Desprezível	
B	Remota	II	Marginal		IV	2	3	4	5	5	2	Menor
C	Improvável	III	Crítica		III	1	2	3	4	5	3	Moderado
D	Provável	IV	Catastrófica		II	1	1	2	3	4	4	Sério
E	Frequente				I	1	1	1	2	3	5	Crítico

Fonte: Preparado pelos autores

Com relação as fases onde a informação é recebida e a oficina autoriza a revisão, também os especialistas identificaram uma desprezível possibilidade de risco. Nestas fases, o almoxarifado informa a oficina se possui ou não disponibilidade das peças necessárias para a realização da manutenção e em caso de disponibilidade a oficina autoriza o procedimento.

Nas fases onde o mecânico solicita as peças ao almoxarifado e as peças são recebidas, os especialistas detectaram uma classificação de risco menor. Nestas fases, o risco é o não oferecimento das peças pelo almoxarifado, pelo fato de erro ao verificar a disponibilidade de peças, na etapa anterior. Este erro tem como consequência o atraso e/ou a não realização da manutenção. Porém, os especialistas entenderam que esta possibilidade de risco é muito baixa, levando em conta dados históricos de atendimentos realizados pelo almoxarifado.

A fase, mecânico realiza a manutenção, foi classificada pelos especialistas como atividade de risco crítico. Os especialistas entenderam desta forma, pelo fato de que nesta fase, são realizadas atividades que envolvem alto risco, conforme os descritos a seguir: i) colocar o veículo na rampa de manutenção utilizando macacos mecânicos e/ou hidráulicos e usar equipamentos de fixação do mesmo; ii) realizar a manutenção substituindo todas as peças e fluidos relacionados para troca, examinar as peças e fluidos substituídos na manutenção, além de conferir todas as peças e/ou equipamentos relacionadas na O.S. somente para serem examinadas no veículo e serem substituídas caso for necessário; e iii) a remoção dos fixadores e retirada do veículo da rampa de manutenção.

4.3. Identificando as atividades do processo crítico

A Figura 3 mostra o detalhamento do processo crítico de manutenção, elaborado a partir do entendimento dos especialistas, que detalharam o mesmo segundo cada etapa do processo considerado risco crítico. O detalhamento permitiu a visão total do processo crítico.

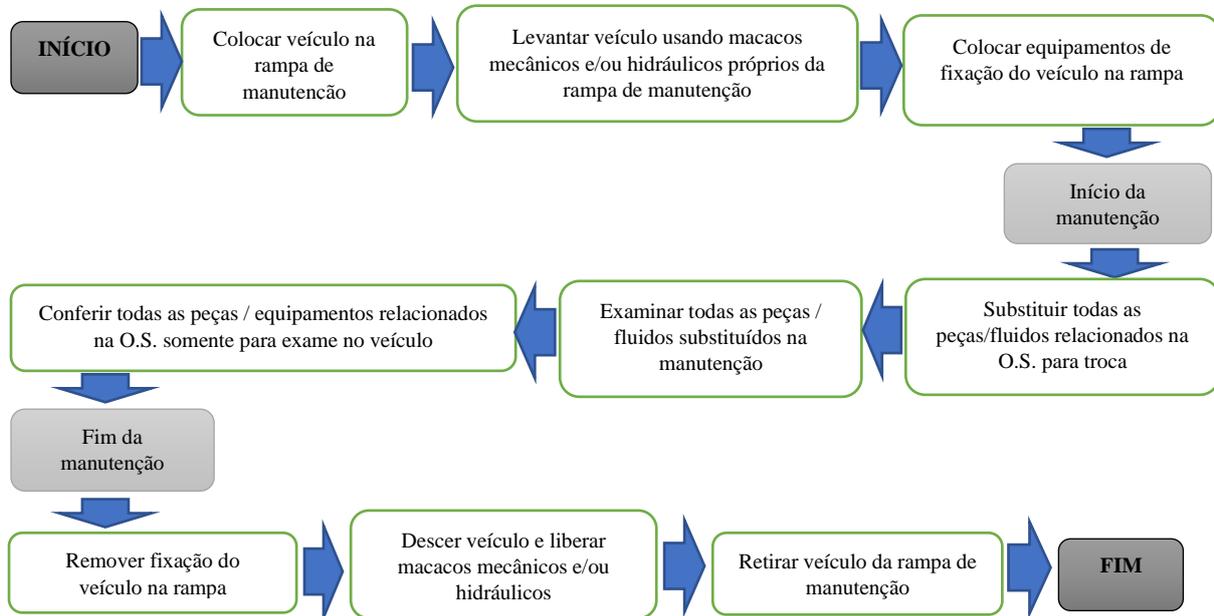


Figura 3: Fluxograma do Processo de Manutenção

Fonte: Preparado pelos autores

4.4. Identificando os modos de falha do processo crítico

Para se identificar os modos de falha, em cada atividade do processo crítico, foi aplicado o FMEA. Esta aplicação permitiu ao conjunto de especialistas identificarem as atividades com maior risco dentro do processo crítico, riscos que vai influenciar de forma negativa tanto na qualidade e eficiência da manutenção quanto na segurança individual e conjunta dos elementos da equipe de manutenção.

Ao ser aplicado o FMEA, foi possível identificar 4 causas de risco na atividade “substituir todas as peças/fluidos relacionados na O.S. para troca”, e 2 causas de risco na atividade “conferir outras peças/equipamentos relacionados na O.S. somente para serem examinadas no veículo”. As ações recomendadas para melhoria foram as mesmas que constaram ao ser aplicado o FMEA.

As tabelas 2,3,4,5,6,7 e 8, que seguem, detalham a aplicação do FMEA em cada atividade do processo crítico, seus possíveis modos de falhas, efeitos, causas, existência de controles, RPNs e ações recomendadas com o objetivo de mitigar estes riscos.

Tabela 2: FMEA do Processo Crítico “Levantar veículo usando macacos mecânico e/ou hidráulico na rampa de manutenção”.

	Índices	
--	---------	--

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	S	O	D	RPN	Ações recomendadas
Levantar veículo usando macacos mecânico e/ou hidráulico na rampa de manutenção	Equipamento inadequado, com defeito ou mal preparado	Ocorrência de acidentes devido à falha, equipamento inadequado, a qualidade do equipamento utilizado e a forma como o equipamento é preparado para realizar suas funções básicas.	1- Falta de controle e manutenção nos equipamentos.	Inexistente	10	2	2	40	Exigir manutenção periódica do equipamento e controle total desta manutenção.
			2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção.	Inexistente	10	3	2	60	Padronizar peças de reposição, exigir do fornecedor certificação que garanta a qualidade.
			4 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	Inexistente	10	2	3	60	Utilizar operador devidamente treinado para realizar operação na rampa.
			5 - Falta de orientação específica para operação da rampa.	Inexistente	10	2	2	40	Fornecer treinamento técnico para a pessoa responsável pela operação da rampa.
	Veículo mal posicionado na rampa	Ocorrência de acidente por mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção.	6 - Equipamento inadequado, defeito ou mal preparado	Inexistente	10	3	3	90	Ao colocar o veículo na rampa verifique se a mesma está em condições de operação.
			7 - O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	Inexistente	10	2	2	40	Verificar se o veículo possui algum defeito que dificulte seu alinhamento com a rampa.
			8 - Falta de atenção do operador	Inexistente	10	2	2	40	Realizar conferências alternadas no serviço do operador.
	Falha em algum equipamento utilizado para levantar o veículo	Ocorrência de acidente devido à má condição operacional do equipamento usado para levantar o veículo.	9 - Falta de programa de manutenção do equipamento	Inexistente	10	3	2	60	Preparar um programa de manutenção preventiva para os equipamentos
			10 - Falha ao utilizar lista de verificação do equipamento	Inexistente	10	2	1	20	Solicitar junto ao fabricante a lista de verificação do equipamento.
			11 - Falha ao montar para uso de diferentes veículos.	Inexistente	10	3	2	60	O equipamento deve ser adaptado para atender diferentes tipos de veículos.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 3: FMEA do Processo Crítico “Colocar equipamento de fixação do veículo na rampa”.

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	Índices				Ações recomendadas
					S	O	D	RPN	
Colocar equipamento de fixação do veículo na rampa	Equipamento de fixação com defeito	Ocorrência de acidentes devido à falha e a má condição operacional do equipamento usado para fixar o veículo na rampa.	1-Falta manutenção nos equipamentos de fixação da rampa	Inexistente	10	2	2	40	Exigir manutenção periódica do equipamento e controle total desta manutenção.
			2-Falta qualidade nas peças de manutenção da rampa.	Inexistente	10	1	5	50	Padronizar as peças de reposição e exigir fornecedor certificado.
			3 - Equipamento de fixação inadequado, com defeito ou mal preparado.	Inexistente	10	3	3	90	Ao colocar o veículo na rampa verifique se o equipamento de fixação está preparado e/ou em condições de operação.
			4 - Falta de programa de manutenção do equipamento.	Inexistente	10	3	2	60	Preparar um programa de manutenção preventiva para o equipamento de fixação.
	Veículo mal posicionado na rampa	Ocorrência de acidente pelo fato do mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção, impossibilitando assim sua fixação.	5 - Falta de orientação específica para operação do equipamento	Inexistente	10	2	2	40	Fornecer treinamento técnico para a pessoa responsável pela operação da rampa.
			6 - O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	Inexistente	10	2	2	40	Verificar se o veículo possui algum defeito que dificulte seu alinhamento com a rampa.
			7 - Falta de atenção do operador	Inexistente	10	2	2	40	Realizar conferências alternadas no serviço.
			8 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	Inexistente	10	2	3	60	Utilizar operador devidamente treinado para realizar operação na rampa.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 4: FMEA do Processo Crítico “Substituir todas as peças / fluídos relacionados na O.S. para troca”.

					Índices				

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	S	O	D	RPN	Ações recomendadas
Substituir todas as peças / fluídos relacionados na O.S. para troca	Uso de peças e/ou fluídos de má qualidade ou inadequados	Ocorrência de acidentes devido à falha quanto ao uso de peças e/ou fluídos de má qualidade e/ou inadequadas, no ato da manutenção.	1 - Falta planejamento e critério no setor de compras.	Inexistente	8	9	8	576	Formular planejamento específico para o setor de compras.
			2 - Falta de padrão e qualidade nas peças utilizadas na manutenção.	Inexistente	7	8	7	392	Padronizar as peças de reposição e exigir do fornecedor certificação que garanta a qualidade.
			4 - Inexperiência do comprador.	Inexistente	6	1	2	12	Contratar comprador com experiência no setor.
			5 - Falta orientação para o responsável por compras	Inexistente	6	2	2	24	Fornecer treinamento técnico para a pessoa responsável pelo planejamento do setor.
	Uso de ferramentas inadequadas	Ocorrência de acidentes pelo uso de ferramentas inadequadas para realização da manutenção.	6 - Ferramenta inadequada para o serviço.	Inexistente	8	3	2	48	Usar ferramentas específicas para o tipo/modelo de veículo em manutenção.
			7 - Ferramenta defeituosa e/ou quebrada.	Inexistente	7	3	2	42	Verificar se a ferramenta usada está com defeito ou quebrada.
			8 - Falta de atenção do mecânico ao usar a ferramenta.	Inexistente	10	2	2	40	Realizar a manutenção evitando conversas e/ou atividades paralelas.
	Realização da manutenção sem o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), pelos mecânicos.	Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), na realização da manutenção.	9 - Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	Inexistente	10	7	6	420	Usar óculos de proteção e máscaras próprias para cada tipo de atividade em uma oficina de manutenção.
			10 Não usar equipamentos que protejam o tórax, os membros e as mãos.	Inexistente	10	3	4	120	Usar avental e luvas próprias para as atividades em uma oficina de manutenção.
			11 - Não usar equipamentos que protejam os pés.	Inexistente	10	2	4	80	Usar calçados próprios para as atividades em uma oficina de manutenção.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 5: FMEA do Processo Crítico “Examinar peças / fluídos substituídos”.

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	Índices				Ações recomendadas
					S	O	D	RPN	
Examinar peças / fluídos substituídos.	Realização do exame sem o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), pelos mecânicos.	Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), na realização do exame.	9 - Não usar EPI para olhos e respiração.	Inexistente	7	3	3	63	Usar óculos de proteção e máscaras próprias para cada tipo de atividade em uma oficina de manutenção.
			10 Não usar RPI para tórax, membros e as mãos.	Inexistente	7	3	3	63	Usar avental e luvas próprias para as atividades em uma oficina de manutenção.
			11 - Não usar EPI os pés.	Inexistente	7	3	3	63	Usar calçados próprios para as atividades em uma oficina de manutenção.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 6: FMEA do Processo Crítico “Conferir peças/equipamentos somente para exames no veículo”.

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	Índices				Ações recomendadas
					S	O	D	RPN	
Conferir outras peças/equipamentos relacionados na O.S. somente para serem examinados no veículo.	Uso de ferramentas inadequadas	Ocorrência de acidentes pelo uso de ferramentas inadequadas para realização da manutenção.	6 - Ferramenta inadequada para o veículo.	Inexistente	8	3	2	48	Usar ferramentas específicas para o tipo/modelo de veículo que está em manutenção.
			7 - Ferramenta defeituosa.	Inexistente	7	3	2	42	Verificar se a ferramenta usada está com defeito ou quebrada.
			8 - Falta de atenção ao usar a ferramenta.	Inexistente	10	2	2	40	Realizar a manutenção evitando conversas e/ou atividades paralelas.
	Realização da manutenção sem o uso dos Equipamentos de	Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual	9 - Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	Inexistente	10	7	6	420	Usar óculos de proteção e máscaras próprias para cada tipo de atividade em uma oficina de manutenção.
			10 Não usar	Inexistente	10	3	4	120	Usar avental e luvas próprias

	Proteção Individual (EPI), pelos mecânicos.	(EPI), na realização da manutenção.	equipamentos que protejam o tórax, membros e mãos.						para as atividades em uma oficina de manutenção.
			11 – Não usar equipamentos que protejam os pés.	Inexistente	10	2	4	80	Usar calçados próprios para as atividades em uma oficina de manutenção.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 7: FMEA do Processo Crítico “Destruar veículo da rampa de manutenção”.

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	Índices				Ações recomendadas
					S	O	D	RPN	
Destruar veículo da rampa de manutenção.	Equipamento de fixação com defeito	Ocorrência de acidentes devido à falha do equipamento usado para fixar o veículo na rampa.	1 - Falta de controle e manutenção nos equipamentos.	Inexistente	10	2	2	40	Exigir manutenção periódica do equipamento e controle total desta manutenção.
			2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção.	Inexistente	10	1	5	50	Padronizar as peças de reposição e exigir fornecedor certificado.
			3 – Equipamento com defeito ou mal preparado.	Inexistente	10	3	3	90	Antes de colocar o veículo na rampa verifique todo o equipamento de fixação.
			4 - Falta de plano de manutenção.	Inexistente	10	3	2	60	Preparar plano de manutenção preventiva para o equipamento.
	Veículo mal posicionado na rampa	Ocorrência de acidente visto mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo.	5 - Falta de orientação p/ operador	Inexistente	10	2	2	40	Fornecer treinamento técnico para operador.
			6 – O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	Inexistente	10	2	2	40	Verificar se o veículo possui algum defeito que dificulte seu alinhamento com a rampa.
			7 – Falta de atenção do operador	Inexistente	10	2	2	40	Realizar conferências alternadas no serviço.
			8 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	Inexistente	10	2	3	60	Utilizar operador devidamente treinado para realizar operação na rampa.

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 8: FMEA do Processo Crítico “Descer veículo da rampa de manutenção”.

Ativ	Modo de falha	Efeito	Causas	Controles atuais	Índices				Ações recomendadas
					S	O	D	RPN	
Descer veículo e liberar macacos mecânico e/ou hidráulico da rampa de manutenção	Equipamento inadequado, com defeito ou mal preparado	Ocorrência de acidentes devido à falha por equipamento inadequado, qualidade do equipamento e falha no preparo do equipamento para manutenção.	1 - Falta de controle e manutenção nos equipamentos	Inexistente	10	2	2	40	Exigir manutenção periódica do equipamento e controle total desta manutenção.
			2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção	Inexistente	10	3	2	60	Padronizar as peças de reposição e exigir fornecedor certificado.
			4 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	Inexistente	10	2	3	60	Utilizar operador devidamente treinado para realizar as operações da rampa.
			5-Falta de orientação específica para operar equipamento	Inexistente	10	2	2	40	Fornecer treinamento técnico para a pessoa responsável pela operação da rampa.
	Veículo mal posicionado na rampa	Ocorrência de acidente por mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção.	6 - Equipamento com defeito ou mal preparado	Inexistente	10	3	3	90	Ao colocar o veículo na rampa verifique se a mesma está preparada para operação.
			7 – O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	Inexistente	10	2	2	40	Verificar se o veículo possui algum defeito que dificulte seu alinhamento com a rampa.
			8 – Falta de atenção do operador	Inexistente	10	2	2	40	Realizar conferências alternadas no serviço do operador.
	Falha em algum equipamento utilizado para descer o veículo	Ocorrência de acidente devido à má condição operacional do equipamento usado.	9 - Falta de plano de manutenção.	Inexistente	10	3	2	60	Preparar um programa de manutenção preventiva.
			10 - Falha ao utilizar lista de verificação.	Inexistente	10	2	1	20	Solicitar junto ao fabricante a lista de verificação correta.
			11 – Falha ao adaptar o equipamento para diferentes veículos.	Inexistente	10	3	2	60	O equipamento deve ser adaptado através de diferentes insumos, para atender diferentes tipos de veículos.

Fonte: Preparado pelos autores

4.5. Ranking das causas dos modos de falha de alto risco

A tabela 9 identifica as causas selecionadas pela equipe de especialistas, seus devidos RPNs e os dois grupos de causas básicas:

Tabela 9: Causas Selecionadas e Seus Grupos

CAUSA	RPN	GRUPOS BÁSICOS
Falta de planejamento e critério no setor de compras.	576	O setor de manutenção não recebe peças com padrão de qualidade adequado.
Falta de padrão e qualidade nas peças utilizadas na manutenção.	392	
Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	420	Os mecânicos não usam Equipamentos de Proteção Individual (EPI).
Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	420	
Não usar equipamentos que protejam o tórax, os membros e as mãos.	120	
Não usar equipamentos que protejam o tórax, os membros e as mãos.	120	

Fonte: Preparado pelos autores

Com o objetivo de ranquear as causas de modo de falhas com alto risco, foi realizada reunião com o grupo de especialistas, onde os mesmos decidiram por analisar 6 causas com RPN acima de 100. A equipe entendeu que estas causas possuíam índices que fugiam da média geral identificada ao ser aplicado o FMEA. Essas causas foram analisadas individualmente com o objetivo de se produzir 2 grupos de causas básicas. Estes 2 grupos posteriormente foram analisados de forma individual com o intuito de resolver as 6 causas selecionadas pelo grupo de especialistas a partir da aplicação do FMEA.

4.6. Modelar, Calcular e Classificar os Diferentes Cenários a Partir do Evento Iniciador

Com o objetivo de atender os requisitos desta seção, foi aplicada a ETA em cada grupo básico, identificado na seção anterior. Estes grupos básicos foram utilizados como o evento inicial de cada árvore de evento. Esta aplicação permitiu a equipe de especialistas entenderem a sucessão de causas que se desenvolvem a partir do evento inicial.

4.6.1. Arvore 1

A figura 4 a seguir mostra a ETA aplicada a partir do evento inicial que identifica o setor de manutenção não recebendo peças com padrão de qualidade adequado.

A manutenção não recebe peças com qualidade.	Manutenção e operação ocorrem sem alterações.	Necessidade de troca da peça durante a manutenção por defeito da mesma.	Necessidade de troca da peça durante a operação por defeito da mesma.	Ocorrência de acidente com veículo por motivo de peça defeituosa.	Consequências.
--	---	---	---	---	----------------

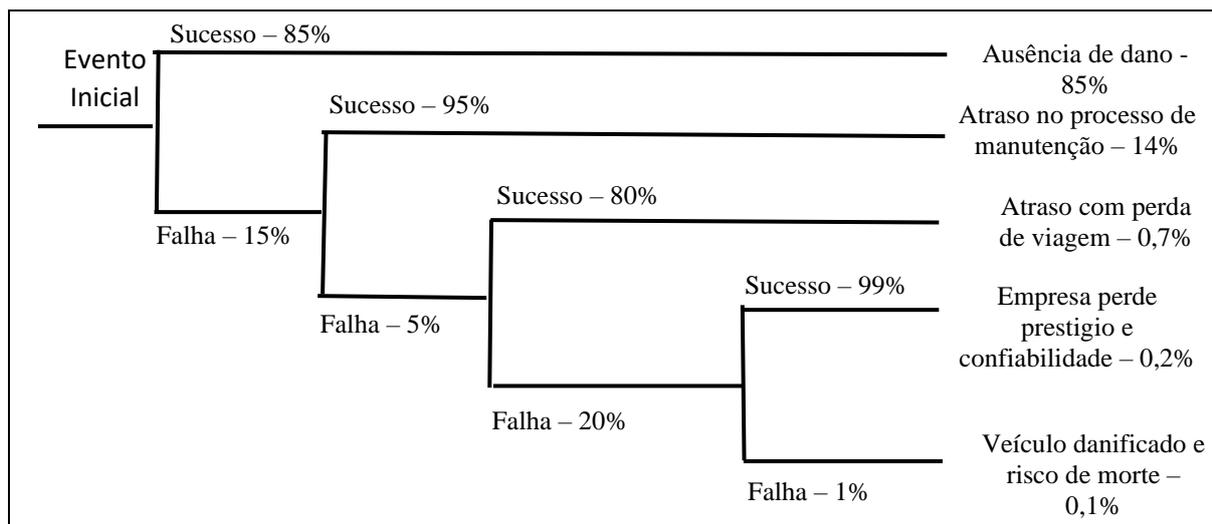


Figura 4: ETA da manutenção não recebendo peças com padrão de qualidade adequado.

Fonte: Preparado pelos autores.

É possível entender, na árvore 1, que a causa principal é o fato do setor de manutenção não receber peças com padrão de qualidade adequado. Todo tipo de manutenção, incluindo neste rol a manutenção corretiva, se desenvolvem a partir do pressuposto de que as peças/equipamentos substituídos e/ou consertadas devem possuir uma média aceitável de vida útil, possibilitando desta forma o planejamento das demais manutenções, tais como a preventiva e a preditiva.

A árvore 1 mostra as possibilidades de falhas a partir do evento inicial, as probabilidades específicas de cada falha e suas consequências. As empresas deste seguimento devem buscar o entendimento que ao disponibilizar para o setor de manutenção peças de reposição de qualidade duvidosa estarão sujeitas a riscos que trazem negatividade para a imagem da mesma, tais como: i) necessidade de novo serviço de manutenção sem a perda de viagem; ii) necessidade de manutenção com perda de viagem; iii) ocorrência de acidente com veículo por uso de peça defeituosa.

Além disso, os profissionais e responsáveis pelo setor de manutenção estarão expostos a possível condição de *stress* pelo retrabalho, e situação de exposição desnecessária pelo fato do uso de peças de má qualidade.

4.6.2. Arvore 2

A figura 5 a seguir mostra a ETA a partir do evento inicial que constata o fato dos mecânicos não usar EPI.

Mecânicos não usam EPI.	Não ocorrência de acidente.	Ocorrência de acidente sem lesão.	Ocorrência de acidente com lesão leve.	Ocorrência de acidente com lesão traumática.	Ocorrência de acidente de alta gravidade.	Consequências.

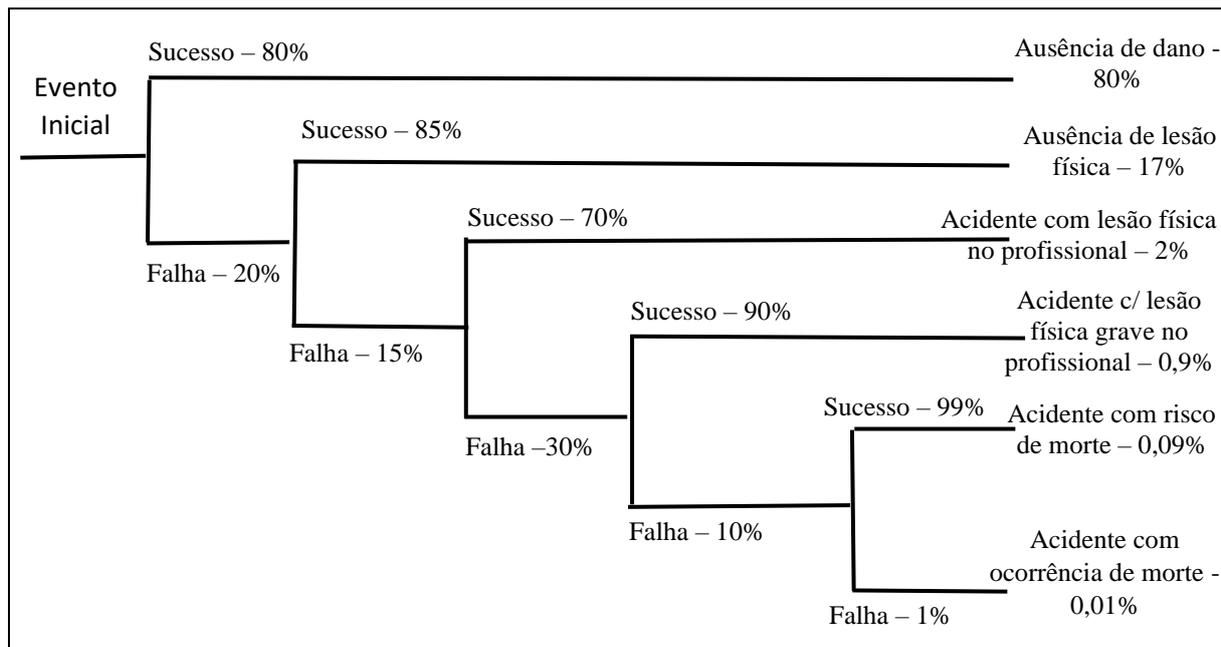


Figura 5: ETA referente ao fato dos mecânicos não usarem EPI.

Fonte: Preparado pelos autores.

Na árvore 2 o evento inicial é o não uso do EPI pelos mecânicos. A causa deste evento é o fato de não existir fiscalização e cobrança por parte dos responsáveis pelo setor, com respeito ao uso dos EPIs. Também foi possível identificar a falta da presença diária de um técnico em segurança do trabalho, justificado pela NR4 (2016) do Ministério do Trabalho, que exige a presença deste profissional somente nas empresas com mais de 500 funcionários.

Na árvore 2 é possível identificar as possibilidades de falhas a partir do evento inicial, além das probabilidades específicas em cada falha e suas consequências. É necessário que nestas empresas, se adquira o hábito do uso constante dos EPIs, evitando riscos de acidentes com consequências mínimas, ou até mesmo de alta gravidade podendo levar a morte.

4.7. Desenvolver e aplicar o plano de ação para mitigar causas de alto risco

Após a aplicação das ferramentas propostas nas etapas até aqui discutidas, um plano de ação foi disponibilizado para a empresa pesquisada, a partir das recomendações no FMEA. Este plano de ação foi aplicado e a partir do mesmo, alguns procedimentos e normas foram alterados. Estas alterações se deram envolvendo todos os setores que tem influência de forma direta ou indireta na manutenção tais como gestão de materiais e operações.

O quadro 3 a seguir ilustra as atividades desenvolvidas nesta fase:

Quadro 3: Ações recomendadas.

EVENTO INICIAL	CAUSAS	AÇÕES RECOMENDADAS
O setor de manutenção não	Falta de planejamento e critério no setor de compras.	Formular planejamento específico para o setor de compras.

recebe peças com padrão de qualidade adequado.	Falta de padrão e qualidade nas peças utilizadas na manutenção.	Padronizar as peças de reposição e exigir do fornecedor certificação que garanta a qualidade.
Os mecânicos não usam Equipamentos de Proteção Individual (EPI).	Falta de orientação e monitoramento por parte dos supervisores/chefes de área.	Usar óculos de proteção e mascaras próprias para cada tipo de atividade em uma oficina de manutenção.
	Falta de orientação e monitoramento por parte dos supervisores/chefes de área.	Usar avental e luvas próprias para as atividades em uma oficina de manutenção.

Fonte: Preparado pelos autores.

Outras recomendações específicas para os eventos iniciais considerados críticos, foram formuladas através da equipe de especialistas para a empresa pesquisada, porém, a mesma não concordou em disponibiliza-los por entender que estas são informações que cabem somente a empresa. Também foram recomendadas ações não somente para as causas de risco crítico, mas também para todas as causas do processo crítico, analisadas com a aplicação do FMEA. Estas ações recomendadas são as que o próprio FMEA já disponibiliza ao ser aplicado.

4.8. Análise dos resultados do processo de mapeamento de falhas

Objetivando analisar a aplicação das recomendações disponibilizadas por esta pesquisa na empresa estudada, através do mapeamento das falhas do processo crítico, que ocorreu entre os meses de setembro e dezembro de 2019, foi reaplicado no mês de janeiro de 2020 o FMEA, e recalculado as RPNs de todas as causas do modo de falha no processo crítico. A seguir, as tabelas 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, estes resultados serão disponibilizados:

Tabela 10: FMEA do Processo Crítico “Levantar veículo usando macacos mecânico e/ou hidráulico na rampa de manutenção”.

Índices						
Efeito	Causas	S	O	D	RPN	
Ocorrência de acidentes devido à falha equipamento inadequado, a qualidade do equipamento utilizado e a forma como o equipamento é preparado para suas funções.	1- Falta de controle e manutenção nos equipamentos.	10	1	2	20	
	2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção.	10	3	2	60	
	4 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	10	2	1	20	
	5 - Falta de orientação específica para operação.	10	2	2	40	
Ocorrência de acidente por mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção.	6 - Equipamento inadequado, defeito ou mal preparado	10	1	3	30	
	7 - O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	10	2	2	40	
	8 - Falta de atenção do operador	10	1	2	20	
Ocorrência de acidente devido a má condição operacional do equipamento usado para levantar o veículo.	9 - Falta de programa de manutenção do equipamento	10	2	2	40	
	10 - Falha ao utilizar lista de verificação do equipamento	10	2	1	20	
	11 - Falha ao montar para uso de diferentes veículos.	10	2	2	40	

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 11: FMEA do Processo Crítico “Colocar equipamento de fixação do veículo na rampa”.

Índices						
Efeito	Causas	S	O	D	RPN	
Ocorrência de acidentes devido à falha e a má condição operacional do equipamento usado para fixar o veículo na rampa.	1-Falta manutenção nos equipamentos de fixação da rampa	10	1	2	20	
	2-Falta qualidade nas peças de manutenção da rampa.	10	1	3	30	
	3 - Equipamento de fixação inadequado, com defeito ou mal preparado.	10	2	2	40	
	4 - Falta de programa de manutenção.	10	1	2	20	
Ocorrência de acidente pelo fato do mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção, impossibilitando assim sua fixação.	5 - Falta de orientação específica para operação.	10	1	2	20	
	6 - O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	10	2	2	40	
	7 - Falta de atenção do operador	10	1	2	20	
	8 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	10	1	3	30	

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 12: FMEA do Processo Crítico “Substituir todas as peças / fluídos relacionados na O.S. para troca”.

Índices					
Efeito	Causas	S	O	D	RPN
Ocorrência de acidentes devido à falha quanto ao uso de peças e/ou fluídos de má qualidade e/ou inadequadas, no ato da manutenção.	1 - Falta de planejamento e critério no setor de compras.	8	5	4	160
	2 - Falta de padrão e qualidade nas peças utilizadas.	7	3	4	84
	4 - Inexperiência do comprador.	6	1	2	12
	5 - Falta de orientação para o responsável por compras	6	2	2	24
Ocorrência de acidentes pelo uso de ferramentas inadequadas.	6 – Ferramenta inadequada.	8	2	2	32
	7 – Ferramenta defeituosa.	7	1	2	14
	8 – Falta de atenção do mecânico.	10	2	2	40
Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), na realização da manutenção.	9 – Não usar equipamentos que protejam os olhos e aparelho respiratório	10	1	1	10
	10 - Não usar equipamentos que protejam tórax, membros e mãos.	10	1	1	10
	11 – Não usar equipamentos que protejam os pés.	10	1	1	10

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 13: FMEA do Processo Crítico “Examinar peças / fluídos substituídos”.

Índices					
Efeito	Causas	S	O	D	RPN
Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), na realização do exame.	9 – Não usar equipamentos de proteção para olhos e respiração.	7	1	1	7
	10 Não usar equipamentos de proteção para tórax, membros e as mãos.	7	1	1	7
	11 – Não usar equipamentos que protejam os pés.	7	1	1	7

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 14: FMEA do Processo Crítico “Conferir peças/equipamentos somente para exames no veículo”.

Índices					
Efeito	Causas	S	O	D	RPN
Ocorrência de acidentes pelo uso de ferramentas inadequadas.	6 – Ferramenta inadequada.	8	2	2	32
	7 – Ferramenta defeituosa	7	1	2	14
	8 – Falta de atenção do mecânico.	10	2	2	40
Ocorrência de acidentes devido à falta de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), na realização da manutenção.	9 – Não usar equipamentos que protejam os olhos e aparelho respiratório	10	1	1	10
	10 Não usar equipamentos que protejam tórax, membros e mãos.	10	1	1	10
	11 – Não usar equipamentos que protejam os pés.	10	1	1	10

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 15: FMEA do Processo Crítico “Destruar veículo da rampa de manutenção”.

Índices					
Efeito	Causas	S	O	D	RPN
Ocorrência de acidentes devido à falha do equipamento usado para fixar o veículo na rampa, que mesmo com defeito, fixou o veículo, porém está com dificuldade para destrava-lo.	1- Falta de controle e manutenção nos equipamentos.	10	2	2	40
	2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção.	10	1	5	50
	3 – Equipamento inadequado, defeituoso ou mal preparado.	10	3	3	90
	4 - Falta de programa de manutenção do equipamento de fixação.	10	3	2	60
Ocorrência de acidente visto mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na rampa de manutenção, impossibilitando assim seu destravamento.	5 - Falta de orientação p/ operar o equipamento	10	2	2	40
	6 – O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	10	2	2	40
	7 – Falta de atenção do operador	10	2	2	40
	8 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	10	2	3	60

Fonte: Preparado pelos autores.

Tabela 16: FMEA do Processo Crítico “Descer veículo da rampa de manutenção.”.

Índices					
Efeito	Causas	S	O	D	RPN
Ocorrência de acidentes devido à falha por equipamento inadequado, qualidade do equipamento e falha no preparo do equipamento para manutenção.	1 - Falta de controle e manutenção nos equipamentos	10	1	2	20
	2 - Falta de padrão e qualidade nas peças para manutenção	10	3	2	60
	4 - Inexperiência da pessoa que está operando a rampa	10	2	1	20
	5 - Falta de orientação específica para operar equipamento	10	2	2	40
Ocorrência de acidente por mecânico ter posicionado de forma incorreta o veículo na	6 - Equipamento com defeito ou mal preparado	10	1	3	30
	7 – O veículo possui defeito que proporcionou o fato.	10	2	2	40

rampa de manutenção.	8 – Falta de atenção do operador	10	1	2	20
Ocorrência de acidente devido à má condição operacional do equipamento usado.	9 - Falta de programa de manutenção.	10	2	2	40
	10 - Falha ao utilizar lista de verificação.	10	2	1	20
	11 – Falha ao adaptar o equipamento para o uso de diferentes tipos de veículos.	10	2	2	40

Fonte: Preparado pelos autores.

Ao analisar o quadro acima foi possível identificar significativa redução nas RPNs para as 6 causas de riscos considerados altos. A tabela 17 a seguir irá descrever o comportamento das RPNs, comparando a aplicação do FMEA inicial e a aplicação do FMEA após o atendimento das recomendações disponibilizadas.

Tabela 17: Análise dos RPNs.

ATIVIDADE	CAUSA	RPN Inicial	RPN Final
Substituir todas as peças / fluídos relacionados na O.S. para troca	Falta de planejamento e critério no setor de compras.	576	160
	Falta de padrão e qualidade nas peças utilizadas na manutenção.	392	84
	Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	420	10
	Não usar equipamentos que protejam o tórax, os membros e as mãos.	120	10
Conferir outras peças / equipamentos relacionados na O.S. somente para serem examinadas no veículo.	Não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado.	420	10
	Não usar equipamentos que protejam o tórax, os membros e as mãos.	129	10

Fonte: Preparado pelos autores.

5. CONCLUSÕES

Ao realizar este trabalho foi possível um maior entendimento acerca do gerenciamento de risco no setor de manutenção veicular. Foi possível constatar que o uso sistemático e variado de ferramentas, usadas de forma adequada e combinada, reduzem os riscos de falhas na cadeia de suprimentos, e de acidentes de trabalho neste segmento de negócios. Os objetivos do trabalho foram todos alcançados, a partir do momento que foi possível identificar todas as etapas do macroprocesso, através da participação direta dos especialistas; identificar o processo crítico e suas atividades, com a aplicação da APR; identificar as atividades do processo crítico, mapeando o mesmo; identificar os modos de falhas e montar o ranking destas falhas através do uso do FMEA; modelar, calcular e classificar os diferentes cenários de riscos críticos através do uso da ETA; desenvolver e aplicar um plano de ação para mitigar causas de alto risco e; por último, reavaliar todas as causas de alto risco, novamente com a aplicação da ferramenta FMEA.

Assim, foi possível perceber uma redução acentuada em todos os RPNs, principalmente nas atividades consideradas de alto risco, onde se destaca a causa “falta de planejamento e critério no setor de compras”, com RPN inicial de “576” e final de “160”, e a

causa “não usar equipamentos que protejam os olhos e garantam a qualidade do ar respirado”, com RPN inicial de “420” e final de “10”.

Conclui-se, portanto, que as técnicas e abordagens utilizadas por este estudo, que envolveram o mapeamento integrado e sistemático de falhas nos processos de manutenção, em uma empresa de transporte público por ônibus, possuem potencial para identificar, analisar e avaliar falhas, além de mitigar e/ou eliminar riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores e usuários deste segmento, além de proporcionar uma nova ferramenta de gestão para a empresa pesquisada e o setor que a mesma se insere.

Como recomendações para futuras pesquisas, sugerimos que outras ferramentas, listadas na ISO31010, devam ser utilizadas, na atividade manutenção, através do uso de procedimentos e técnicas de avaliação de risco, já aplicadas em outros seguimentos, tais como na indústria aeronáutica, marítima e de construção.

REFERÊNCIAS

- BEIM, G. K. & HOBBS, B.F.** (1997). Event tree analysis of lock closure risks. *Journal of Water Resources Planning and Management ASCE* 123, 137–198.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1997\)123:3\(169\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1997)123:3(169))
- BELLUCCI, S.; CORREA, L.R.; DEUTSCH, J.G. & JOSHI, C.** (2014). Introduction: Labour in Transport: Histories from the Global South (Africa, Asia, and Latin America), c.1750 to 1950. *International Institut vor Sociale Geschiedenis, Special Issue*, pp. 1–10.
[doi:10.1017/S0020859014000364](https://doi.org/10.1017/S0020859014000364)
- BILSKA, B.; TOMASZEWSKA M. & KRAJEWSKA D.K.** (2020). Managing the Risk of Food Waste in Foodservice Establishments. *Sustainability* 2020, 12, 2050;
[doi:10.3390/su12052050](https://doi.org/10.3390/su12052050)
- BOWLES, J.B. & PELAEZ, C.E.** (1995). Fuzzy Logic Prioritization Of Failures In A System Failure Mode, Effects And Criticality Analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 50(2), 203–213. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(95\)00068-D](https://doi.org/10.1016/0951-8320(95)00068-D)
- BRITO, M.P.; GRIFFITHS, G.; MOWLEM, M. & MAKINSON, K.** (2012). Estimating and Managing Blowout Risk During Access To Subglacial Antarctic Lakes. *Antarctic Science* 25(1), 107–118. [doi:10.1017/S0954102012000442](https://doi.org/10.1017/S0954102012000442)
- CARBONE, T.A. & TIPPETT, D.D.** (2004). Project Risk Management Using The Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 16, 28-35.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2004.11415263>
- CERTA, A.; HOPPS, F.; INGHILLERI, R. & LA FATA C.M.** (2017). A Dempster-Shafer Theory-Based Approach To The Failure Mode, Effects And Criticality Analysis (FMECA) Under Epistemic Uncertainty: Application To The Propulsion System Of A Fishing Vessel. *Reliability Engineering and System Safety* 159, 69–79.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.res.2016.10.018>

- CRESWELL, J.W.** (2007). Projeto de Pesquisa: Método Qualitativo, Quantitativo e Misto. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. Artmed.
- DE OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; ROCHA, H. M. & SALOMON, V. A. P.** (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*.151, 10. pp. 616-633. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.054>
- DOMINGUES, M. S. Q.; BAPTISTA, A. L. F. & DIOGO, M. T.** (2017). Engineering Complex Systems Applied To Risk Management In The Mining Industry. *International Journal Of Mining Science And Thechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.05.007>
- FERNANDES, J. M. R. & REBELATO, M. G.** (2006). Proposal of a method to integrate QFD and FMEA. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 2, p. 245-259. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2006000200007>
- FERNANDEZ-SANCHEZ G.; BERZOSA A.; BARANDICA J. M.; CORNEJO E. & SERRANO J. M.** (2015). Opportunities for GHG emissions reduction in road projects: a comparative evaluation of emissions scenarios using CO2NSTRUCT. *Journal of Cleaner Production* 104, 156 - 167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.032>
- GERHARDT, T. E. & SILVEIRA, D. T.** (2009). Métodos de Pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- GIL, A. C.** (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Ed. Atlas.
- HENDRICKS, K. B.; SINGHAL, V. R. & ZHANG, R. R.** (2009). The effect of operational slack, diversification, and vertical relatedness on the stock market reaction to supply chain disruptions. *J. Oper. Manag.* 27 (3), 233e246. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.09.001>
- HONG, E. S.; LEE, I. M.; SHIN, H. S.; NAM, S. W. & KONG, J. S.** (2009). Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM. *Tunnelling and Underground Space Technology* - 24 - 269–277. doi:10.1016/j.tust.2008.09.004
- HUANG, H. W.; SHIH, C.; YIH, S.; CHEN M. H. & LIN, J. M.** (2007). Model Extension and Improvement For Simulator-Based Software Safety Analysis. *Nuclear Engineering and Design* 237 (2007) 955–971. doi:10.1016/j.nucengdes.2006.10.018
- HULT, G. T. M.; CRAIGHEAD, C. W. & KETCHEN JR., D. J.,** (2010). Risk uncertainty and supply chain decisions: a real options perspective. *Decis. Sci.* 41 (3), 435e458. Doi: 10.1111/j.1540-5915.2010.00276.x
- ISO 31000:** (2009), Risk Management — Principles and Guidelines. Geneva: International Standards Organisation, 2009.
- ISO/IEC 31010.** (2012), Risk management – Risk assessment techniques, International Organization for Standardization. ISO/IEC 31010. 2012.
- JIANG, W.; XIE, C.; ZHUANG, M. & TANG, Y.** (2017). Failure Mode And Effects Analysis Based On A Novel Fuzzy Evidential Method. *Applied Soft Computing* 57, 672–683. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2017.04.008>
- KHAN, F. & HUSAIN, T.** (2001). Risk Assessment Aand Safety Evaluation Using Probabilistic Fault Tree Analysis. *Human and Ecological Risk Assessment: Vol. 7, No. 7*, pp. 1909-1927. doi:10.1016/j.nucengdes.2006.10.018

- KHAN, F.; RATHNAYAKA, S. & AHMED, S.** (2015). Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future. *Process Safety and Environmental Protection*, 116-147. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2015.07.005>
- LIU, H. C.; FAN, X. J.; LI, P. & CHEN, Y. Z.** (2014). Evaluating The Risk Of Failure Modes With Extended MULTIMOORA Method Under Fuzzy Environment. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 34, 168–177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2014.04.011>
- MCELROY, L. M.; KHORZAD, R.; NANNICELLI, A. P.; BROWN, A. R.; LADNER, D. P. & HOLL, J. L.** (2015). Failure mode and effects analysis: A comparison of two common risk prioritisation methods. *BMJ Qual Saf*, pp. 329–336. doi:10.1136/bmjqs-2015-004130
- MENNO Y.; ODED C. & BART V. A.** (2020). Crowding valuation in urban tram and bus transportation based on smart card data, *Transportmetrica A: Transport Science*, 16:1, 23-42, DOI: 10.1080/23249935.2018.1537319
- MOHAMMADFAM I. & ZAREI E.** (2015). Safety risk modeling and major accidents analysis of hydrogen and natural gas releases: A comprehensive risk analysis framework. *International journal of hydrogen energy* 40 (2015) 13653 e 13663. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.07.117>
- NÝVLT, O. & RAUSAND, M.** (2012). Dependencies in event trees analyzed by Petri nets. *Reliability Engineering and System Safety* 104 - 45–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.res.2012.03.013>
- ÖZFIRAT, M. K.; ÖZKAN, E.; KAHRAMAN, B.; ENGU, B. S. & YETKIN, M. E.** (2017). Integration of risk matrix and event tree analysis: a natural stone plant case; *Sadhana* Vol. 42, No. 10, pp. 1741–1749. DOI 10.1007/s12046-017-0725-6
- PETROVIC, D. V.; TANASIJEVIC', M.; MILIC', V.; LILIC', N.; STOJADINOVIC', S. & SVRKOTA, I.** (2014). Risk Assessment Model Of Mining Equipment Failure Based On Fuzzy Logic. *Expert Systems with Applications* 41, 8157–8164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.042>
- PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P. & FOUENTE, D. L.** (2002). A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151. Doi: 10.1108/02656710210413480
- RAMZALI, N.; LAVASANI, M. R. M. & GHODOUSI, J.** (2105). Safety barriers analysis of offshore drilling system by employing Fuzzy Event Tree Analysis. *Safety Science* 78 49–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.004>
- SCHUYLER, J. R.** (2001). *Risk and decision analysis in projects*. 2 ed. Newtown Square: PMI.
- STAMATIS, D. H.** (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution*. 2ª ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press.
- TSANG, A. H. C.** (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v.8, n.1, p.7-39. doi/pdf/10.1108/13552510210420577
- VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; CRUZ, J. A.; MELO, J. C. & CARVALHO, N. A.** (2008). *Qualidade e Produtividade nos Transportes - São Paulo* – Cengage Learning.
- YIN, R. K.** (2001). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre, RS: Ed. Bookman.

Recebido em: 25/06/2020

Aceito em: 21/09/2020

Endereço para correspondência:
Nome Ualison Rébula de Oliveira
Email ualison.oliveira@gmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)