

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL
Centro de Engenharias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Mestrado em Ciências Ambientais



Dissertação

**Análise de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de
asfalto através da utilização de ferramentas de gestão de riscos**

Denise Dobke

Pelotas, 2021

Denise Dobke

**Análise de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de
asfalto através da utilização de ferramentas de gestão de riscos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Profa. Dra. Gizele Ingrid Gadotti

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Franchini

Pelotas, 2021

Denise Dobke

Análise de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de asfalto através da utilização de ferramentas de gestão de riscos

Dissertação Aprovada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 10/09/2021

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Gizele Ingrid Gadotti (Orientadora)
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Danilo Franchini (Coorientador)
Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Luis Antônio dos Santos Franz
Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Andrea de Souza Castro
Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

D632a Dobke, Denise

Análise de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de asfalto através da utilização de ferramentas de gestão de riscos / Denise Dobke ; Gizele Ingrid Gadotti, orientadora ; Danilo Franchini, coorientador.

— Pelotas, 2021.

111 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Riscos ambientais e ocupacionais. I. Gadotti, Gizele Ingrid, orient. II. Franchini, Danilo, coorient. III. Título.

CDD : 363.7

Dedico este trabalho aos meus pais.

Agradecimentos

À minha orientadora Gizele Ingrid Gadotti e ao meu coorientador Danilo Franchini, pelo apoio e incentivo deles para que eu não desistisse e para que o trabalho fosse concluído. Sem a ajuda incansável deles, não seria possível. Meu muito obrigada! E a Deus, por ter me dado forças para realizar este grande desafio. Obrigada.

*E disse-me: A minha graça te basta, porque o meu
poder se aperfeiçoa na fraqueza (2 Co 12 - 9)*

RESUMO

DOBKE, Denise. **Análise de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de asfalto através da utilização de ferramentas de gestão de riscos.**

Orientadora: Gizele Ingrid Gadotti. 2021. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

Esse trabalho tem como objetivo realizar a avaliação de riscos ambientais e ocupacionais em uma usina de fabricação de asfalto, localizada no Município de Pelotas, Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, sendo a Usina localizada próxima ao Porto desta cidade, zona a qual se intercala entre a zona industrial e residencial, sendo atualmente, predominantemente residencial. Essa usina tem capacidade de produção de 120 ton./hora e produz em média cerca de 450 ton./mês de asfalto. Todo asfalto produzido é aplicado diariamente nas manutenções das vias municipais da cidade, bem como, nos projetos de pavimentações de vias existentes e ainda não pavimentadas. Os riscos inerentes ao processo produtivo envolvendo o asfalto estão relacionadas as emissões atmosféricas evidenciados quanto a poluentes químicos e podem afetar a saúde humana por questões ocupacionais e ambientais, pelo meio gerador. Como as medições para quantificação desses poluentes, tanto relacionados a fumos de asfalto, quanto aos particulados de sílica livre não serão possíveis em tempo hábil para defesa deste trabalho, foi realizado uma análise dos riscos associados a esses, tanto na esfera ambiental quanto na ocupacional. A análise foi realizada através da utilização de ferramentas de gestão, como Análise Preliminar de Riscos – APR e aplicação do Diagrama de Ishikawa, conhecido também como Espinha de Peixe e com esse levantamento de informações, realizar um Plano de Ação. A análise se deu com uso das ferramentas APR e Diagrama de Ishikawa, contemplando as quatro principais etapas do fluxo produtivo da usina de fabricação de asfalto do estudo, que são: agregados, operação da usina, manutenção da usina e descarga do asfalto. A APR nos trouxe em evidência direta os riscos e suas probabilidades. Já o Diagrama de Ishikawa mostrou de maneira minuciosa as etapas dos processos. Essas duas ferramentas utilizadas de forma paralela evidenciaram os principais problemas durante a execução das atividades que fazem parte do processo de fabricação do asfalto. A necessidade de padronização na realização das atividades e de programas de treinamentos aos trabalhadores, tanto relacionados ao processo produtivo quanto a saúde e segurança do trabalho para reconhecimento dos riscos que ficam expostos, sobressaíram na utilização das duas ferramentas de análise de riscos. Na evidencia da falta de padronização e de rotinas de trabalho preestabelecidas no local de estudo, foram criados POPs direcionados para organização dos procedimentos, desde o recebimento da matéria-prima até gerenciamento dos resíduos gerados. E com isso ao Planos de Ação tanto para os riscos gerenciais e ocupacionais, quanto os riscos ambientais existentes.

Palavras-chave: Riscos ambientais e ocupacionais. Usina de asfalto.

ABSTRACT

DOBKE, Denise. **Analysis of environmental and occupational risks in an asphalt manufacturing plant using risk management tools**. Advisor: Gizele Ingrid Gadotti. 2021. 109f. Dissertation (master's in environmental sciences) - Postgraduate Program in Environmental Sciences, Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

This work aims to assess environmental and occupational risks in an asphalt manufacturing plant located in Pelotas, Southern Region of the State of Rio Grande do Sul. The plant is located near this city's port, which zone interspersed between the industrial and urban areas, being predominantly urban. This plant has a production capacity of 120 tons/hour and produces an average of about 450 tons/month of asphalt. All asphalt produced is applied daily in the maintenance of municipal roads in the city and in paving projects for existing and unpaved roads. The risks inherent in the production process involving asphalt are related to atmospheric emissions evidenced in chemical pollutants. In addition, they can affect human health due to occupational and environmental issues through the generator means. As measurements for quantifying these pollutants, both related to asphalt fumes and free silica particles, will not be possible promptly to defend this work, an analysis of the risks associated with these, both in the environmental and occupational spheres, was carried out. The analysis was carried out using management tools, such as Preliminary Risk Analysis - APR and application of the Ishikawa Diagram, also known as Fishbone, and with this information survey, carry out an Action Plan. The analysis took place using APR tools and Ishikawa Diagram, contemplating the four main stages of the production flow of the asphalt manufacturing plant in the study: aggregates, plant operation, plant maintenance, and asphalt discharge. Through applying these tools, we arrived at SOP – Standard Operating Procedures to be applied in the processes and an action plan, covering preventive measures for environmental and occupational risks arising during the plant's operation process. The use of risk analysis tools, APR, and Ishikawa, is essential to gather the information necessary to carry out interventions in production processes to eliminate or reduce risks.

Keywords: Environmental and occupational hazards. Asphalt plant.

Lista de Figuras

Figura 1 - Classificação de emissões asfálticas quanto as suas características físico e químicas.....	22
Figura 2 - Funcionamento básico de um filtro de mangas.....	34
Figura 3 - Gaiolas de sustentação das mangas	35
Figura 4 - Esquema ilustrativo do funcionamento do filtro de mangas	35
Figura 5 - Usina tipo semimóvel e seus componentes	41
Figura 6 - Fluxo da usina de asfalto.....	42
Figura 7 - Armazenamento do estoque de agregados	43
Figura 8 - Carregamento dos agregados no silo	44
Figura 9 - Carregamento dos caminhões com a mistura asfáltica pronta	45
Figura 10 - Modelo de Diagrama de Ishikawa	57
Figura 11 - Localização da Usina de estudo	63
Figura 12 - Usina de asfalto do estudo.....	64
Figura 13 - Layout de um processo de usinagem de asfalto	64
Figura 14 - Metodologia	67
Figura 15 - Fluxo dos agregados.....	68
Figura 16 - Galpão de armazenamento de agregados.....	70
Figura 17 - Agregados dispostos nos silos dosadores	70
Figura 18 - Fluxo de Operação da Usina	73
Figura 19 - Pá carregadora abastecendo os silos dosadores com agregados.....	76
Figura 20 - Operador controlando os agregados nos silos dosadores	77
Figura 21 - Operador no manuseio dos materiais nos silos dosadores da usina	77
Figura 22 - Manuseio dos materiais nos silos dosadores da usina	78
Figura 23 - Usina de asfalto em produção	80
Figura 24 - Estrutura da usina de estudo	80
Figura 25 - Coifa da usina descarregando o asfalto no caminhão	82
Figura 26 - Carregamento dos caminhões	83
Figura 27 - Operário realizando controle da carga	83
Figura 28 - Diagrama de Ishikawa no processo dos Agregados	84
Figura 29 - Diagrama de Ishikawa do processo de operação da usina.....	85
Figura 30 - Diagrama de Ishikawa do processo de manutenção da usina	86
Figura 31 - Diagrama de Ishikawa do processo de descarga do material.....	87

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Químicos e seus limites de tolerância	30
Tabela 2 - Padrões emissões Resolução CONAMA 491/2018.	36
Tabela 3 - Produção mensal de asfalto em toneladas na Usina da Prefeitura de Pelotas em 2019	39
Tabela 4 - Produção mensal de asfalto em toneladas na Usina da Prefeitura de Pelotas em 2020	39

Lista de Quadros

Quadro 1 - Métodos de análises de riscos	17
Quadro 2 - Etapas para licenciamento ambiental.....	37
Quadro 3 - Etapas e conteúdo de Estudo Ambiental Simplificado	38
Quadro 4 - Gravidade/Severidade.....	52
Quadro 5 - Caracterização dos Riscos (Frequência/Probabilidade).....	52
Quadro 6 - Matriz dos Riscos	53
Quadro 7 - Descrição dos níveis de risco.....	53
Quadro 8 - Modelo de APR utilizada	54
Quadro 9 - 6 Ms – Diagrama de Ishikawa	58
Quadro 10 - APR – Etapa dos Agregados	71
Quadro 11 - APR Etapa de operação da usina	75
Quadro 12 - APR etapa Manutenção da usina.....	79
Quadro 13 - APR Descarga do asfalto	81
Quadro 14 - POP - Recebimento dos agregados.....	89
Quadro 15 - POP - Armazenamento dos agregados.....	89
Quadro 16 - POP - Manuseio dos agregados para carregamento dos silos	90
Quadro 17 - POP - Utilização dos agregados na produção	91
Quadro 18 - POP – Acionamento e operação da usina	91
Quadro 19 - POP – Controle das cargas nos caminhões.....	92
Quadro 20 - POP - Controle dos agregados nos silos	92
Quadro 21 - POP - Descarte de resíduos	93
Quadro 22 - POP - Contenção de derramamentos	93
Quadro 23 - Requisitos legais relacionadas a questões ambientais da usina de asfalto	94
Quadro 24 - Plano de Ação - Questões ambientais	95
Quadro 25 - Plano de Ação – Questões ocupacionais e organizacionais	96

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPA	Agência de Proteção Ambiental
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FISPQ	Ficha de Informações Segurança de Produto Químicos
HPA	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IDLH	<i>Immediately Dangerous to Life or Health</i>
IPVS	Imediatamente Perigoso à Vida ou à Saúde
LAP	Licença Ambiental Prévia
LAI	Licença Ambiental de Instalação
LAO	Licença Ambiental de Operação
LEL	Limite inferior de explosividade
LT	Limites de Tolerância
MP	Material Particulado
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NE	Não Especificadas
NHO	Normas de Higiene Ocupacional
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PEL	Limite máximo de exposição legal a uma exposição de substância perigosa
ppm	Partes por milhão

PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
p/p	Relação peso/peso
REL	Limite de exposição ocupacional recomendado pelo NIOSH para a OSHA adotar como o “novo” limite de exposição permitido.
RIMA	Relatório de Impactos Ambientais
SIM	Sistema de Informação Municipal
SINFAT	Sistema de Informações Ambientais
SMOP	Secretaria Municipal de Obras e Pavimentação
SST	Saúde e Segurança no Trabalho
STEL	<i>Short Time Exposure Limit</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
TCU	Tribunal de Contas da União
TLV	<i>Theresold Limit Value</i>
<i>TLC – C</i>	<i>Ceiling</i>
TR	Termo de Referência
TWA	<i>Time Weight Average</i>

Sumário

1 Introdução	15
1.1 Objetivo Geral	18
1.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Hipótese	19
1.3.1 Hipótese	19
2 Referencial teórico	20
2.1 O asfalto	20
2.2 Riscos químicos	21
2.3 Inventário de possíveis emissões atmosféricas presentes no processo de produção asfáltica	22
2.3.1 Emissões químicas durante o processo de fabricação de asfalto	23
2.4 Poluição atmosférica	25
2.5 Riscos ocupacionais.....	26
2.5.1 Saúde ocupacional no trabalho com produção de asfalto	28
2.5.2 Limites de tolerância para emissões químicas	29
2.6 Riscos ambientais	31
2.6.1 Equipamentos de controle de poluição do ar - ECP.....	32
2.6.1.1 Princípio de funcionamento dos filtros de manga.....	33
2.7 Legislação ambiental.....	35
2.7.1 Legislação ambiental em âmbito nacional.....	35
2.7.2 Licenciamento ambiental da atividade de produção de asfalto	36
2.7.2.1 Licenciamento ambiental de uma usina móvel de produção de concreto asfáltico	37
2.8 Produção asfáltica com usinas automatizadas.....	38
2.8.1 Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ.....	39
2.8.2 Operação da usina para preparação do asfalto	40
2.8.2.1 Operações básicas envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente	41
2.8.2.1.1 Armazenagem dos materiais.....	43
2.8.2.1.2 Alimentação dos agregados nos silos	44
2.8.2.1.3 Processo de usinagem	45
2.8.2.1.4 Carregamento das cargas de CBUQ nos caminhões de transporte.....	45

2.9 Controle de qualidade nas operações básicas envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente	46
2.10 Especificações de materiais utilizados na produção de asfalto	46
2.10.1 CAP 50/70	46
2.10.2 Pó de pedra e brita zero	47
3 Ferramentas de gestão de riscos	49
3.1 Análise preliminar de riscos - APR	50
3.1.1 Etapas da APR	51
3.2 Diagrama de Ishikawa	56
3.3 Procedimento operacional padrão – POP	59
3.4 Plano de ação	60
4 Material e métodos	63
5 Resultados e discussão	68
5.1 Emprego da ferramenta de gestão de riscos: análise preliminar de riscos - APR	68
5.1.1 Agregados	68
5.1.2 Operação da usina	72
5.1.3 Manutenção da usina	78
5.1.4 Descarga do asfalto.....	81
5.2 Emprego do Diagrama de Ishikawa nas etapas analisadas	83
5.2.1 Agregados	83
5.2.2 Operação da usina	85
5.2.3 Manutenção da Usina.....	86
5.2.4 Descarga do asfalto.....	86
5.3 Procedimentos Operacionais Padrão para as atividades avaliadas	88
5.4 Planos de Ação para a situação da usina em estudo.....	94
5.4.1 Requisitos legais no âmbito ambiental	94
5.4.2 Plano de ação ambiental	94
6 Considerações finais	98
Referências	100

1 Introdução

A utilização de usinas automatizadas para a fabricação de asfalto traz maior produtividade e agilidade na aplicação do produto pronto.

A cidade de Pelotas possui usina de fabricação de asfalto própria há mais de 35 anos e em meados de 2014 adquiriu uma usina automatizada (Autora).

As usinas de asfalto podem causar impacto ao meio ambiente, necessitando, por isso, do desenvolvimento de estratégias que permitam diagnosticar os danos e solucionar os problemas (RAUBER; CASSANEGO; SILVA, 2004). Em relação a matéria prima utilizada, uma mistura asfáltica consiste no envolvimento de agregados minerais com cimento asfáltico líquido em altas temperaturas que variam entre 150 a 180°C. As misturas asfálticas a quente são os principais materiais industrializados utilizados na pavimentação (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Os principais impactos relacionados a uma usina de asfalto do tipo Concreto Betuminoso Usinado à Quente - CBUQ na sua maioria, são as emissões atmosféricas, seguidas de elevados níveis de ruídos (FAGNANI *et al.*, 2009). O estudo, de uma usina de produção de asfalto, vem com a importância dessa atividade produtiva, por ser de propriedade da prefeitura do município de Pelotas/RS. Além dos riscos ocupacionais relacionados a atividade que são avaliados anualmente, a análise dos impactos ambientais causados é imprescindível para que a atividade se torne menos prejudicial, tanto aos trabalhadores, quanto ao meio ao qual está inserida.

Todo o asfalto produzido diariamente na usina municipal é aplicado nas intervenções de manutenção e reparos das vias públicas de circulação da cidade de Pelotas. A produção é realizada através de uma usina semimóvel, composta por 03 (três) conjuntos. Dois conjuntos com mobilidade e um conjunto fixo, com capacidade de produção de 120 toneladas por hora e possui ano de fabricação de 2012. A mão de obra é composta por funcionários pertencentes ao quadro da Prefeitura Municipal. A operação direta da usina é realizada por cinco trabalhadores, mas a atividade envolve ao total cerca de 72 pessoas (SIM, 2021). E não só essas 72 pessoas, mas o entorno da própria usina é afetado por possíveis emissões fugitivas.

Corroborando com os estudos relacionados à gestão da saúde e segurança no ambiente de trabalho, Chiavenato (2004) salienta que as pessoas passam a maior parte de seu tempo na organização, em um local de trabalho, que constitui seu hábitat. O ambiente de trabalho se caracteriza por condições físicas e ambientais e por

condições psicológicas e sociais. De um lado, os aspectos ambientais que impressionam os sentidos e que podem afetar o bem-estar físico, a saúde e integridade física das pessoas. De outro lado, os aspectos ambientais que podem afetar o bem-estar psicológico, a saúde mental e a integridade moral das pessoas.

A análise e gerenciamento de riscos, segundo Ribeiro (2006), examina alguns tipos de riscos a que estão sujeitas às atividades de uma fábrica, e que podem trazer graves prejuízos como, por exemplo, a contaminação do produto, morte de trabalhador e/ou terceiro, danos ao meio ambiente, explosões, incêndios e outros. Como consequência, essas ocorrências que dizem respeito à empresa podem envolver a ameaça às vidas humanas, perda de confiança do público e outras.

Cada processo de produção e cada ambiente de trabalho apresenta um universo característico, com peculiaridades no desenvolvimento da tarefa executada, na maquinaria, nas matérias-primas e insumos utilizados e em outros itens, somando um todo que constitui um local singular a ser estudado (STONOGA, 2003).

De acordo com Stonoga (2003), a metodologia básica para análise de riscos consiste em identificar perigos, avaliar os riscos associados e exercer ações de controle. O risco pode ser definido e avaliado pelo produto de dois fatores: frequência e consequência do evento perigoso. Afirma ainda Stonoga (2003) que os métodos podem ser dirigidos para avaliação quantitativa, semiquantitativa e qualitativa de riscos. Os métodos de análise de riscos, de acordo com o mesmo autor, podem ser do tipo retrospectivos e prospectivos.

As análises prospectivas são aplicadas antes da ocorrência dos incidentes, a fim de identificar possíveis falhas e aplicar ações corretivas preventivas. Já a metodologia retrospectiva, é aplicada após a ocorrência dos incidentes, a fim de identificar as causas dos incidentes ou acidentes e propor estratégias para que não ocorram novamente. Alguns dos métodos de análise de riscos, do tipo retrospectivo e prospectivo, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos de análises de riscos

RETROSPECTIVOS	PROSPECTIVOS
Modelo das pedras de dominó de Heinrich	Análise preliminar de riscos
Modelo das nuvens causais	Método Hazop
Espinha de peixe	Análise de modos de falhas e efeitos
Árvore de falhas e erros	<i>What if – E se</i>
Modelo energético sequencial	Lista de verificação ou checklist
Modelo de risco aceitado	Análise de causa e efeito
Técnica de incidentes críticos	Mapa de Risco
Análise pela árvore de causas	Análise de segurança do trabalho
Análise da árvore de falhas	Análise da ação errada
Registro e análise de ocorrências	Técnicas de trabalho em grupo
	Inspeções de segurança
	Análise de segurança baseada no método de análise de fluxo - OTIDA.

Fonte: Stonoga (2003, p. 60).

Numa possível divisão dos métodos de identificação de riscos, Passos (2003) traz a dimensão temporal, que resulta a classificação em métodos retrospectivos e prospectivos. Os mesmos autores comentam que, o primeiro grupo é composto pelos métodos em que o ponto de partida são os fatos já ocorridos, os quais têm os seus processos analisados, de forma a identificar as suas causas. Já o conjunto dos métodos prospectivos tem como ferramenta básica a inspeção de segurança, uma vez que o seu ponto de partida é a situação atual, onde se procura perceber/antever que riscos existem nos locais analisados.

A Análise Preliminar de Risco - APR é uma metodologia indutiva estruturada para identificar os potenciais perigos decorrentes da instalação de novas unidades e sistemas ou da própria operação da planta que opera com materiais perigosos.

APR é uma técnica de identificação de perigos e análise de riscos que consiste em identificar eventos perigosos, causas e consequências e estabelecer medidas de controle. Preliminarmente, porque é utilizada como primeira abordagem do objeto de estudo. Num grande número de casos é suficiente para estabelecer medidas de controle de riscos. A metodologia pode ser empregada para sistemas em início de desenvolvimento ou na fase inicial do projeto, quando apenas os elementos básicos do sistema e os materiais estão definidos. Pode também ser usada como revisão geral de segurança de sistemas/instalações já em operação (BARROS, 2013).

Já o diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe é uma ferramenta utilizada para a análise de dispersões no processo. Kaoru Ishikawa (1915 – 1989) foi quem desenvolveu a ferramenta através de uma ideia básica: Fazer as pessoas pensarem sobre causas e razões possíveis que fazem com que um problema ocorra. Ou seja, detalhar as causas dos problemas até chegar numa causa raiz (PEINADO; GRAEML, 2007).

Desta forma, com a existência de uma cadeia produtiva envolvendo asfalto e, portanto, emissões atmosféricas ocasionando riscos ambientais e ocupacionais, surge a necessidade de uma gestão desses riscos. Para isso estabeleceu-se uma metodologia que aborde o mesmo problema nas duas vertentes, a ocupacional e a ambiental, realizando a aplicação de ferramentas de análise de riscos para auxílio na gestão dos riscos existentes na usina de produção de asfalto.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é realizar uma avaliação de riscos ambientais e dos riscos ocupacionais em uma usina de fabricação de asfalto.

1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Realizar a aplicação de ferramentas de gestão de riscos para o levantamento de informações, cita-se Análise Preliminar de Riscos – APR;
- Analisar através da ferramenta Diagrama de Ishikawa o processo produtivo da usina de produção de asfalto;
- Elaborar Procedimentos Operacionais Padrão – POP, para as situações de maior risco encontradas;
- Sugerir mitigações aplicáveis aos riscos ambientais e ocupacionais traçando um Plano de Ação para os mesmos, após a aplicação das ferramentas de análise de riscos.

1.3 Hipótese

Considerando-se que os objetivos delineados e com isso uma consequente análise dos impactos ambientais e ocupacionais gerados pela atividade da usina de produção de asfalto, foi formulada a seguinte hipótese:

1.3.1 Hipótese

Há riscos ambientais quanto ocupacionais presentes na atividade de produção de asfalto. Há maneiras de minimizar esses riscos, através de análise da cadeia produtiva, da análise dos riscos ocupacionais e ambientais e realização de intervenções com procedimentos de segurança no trabalho e gestão ambiental.

2 Referencial teórico

2.1 O asfalto

O termo asfalto tem origem no antigo idioma acádico, o que significa esparramar. Posteriormente, devido a sua utilização como material aglutinante, passou a ser associado a algo firme, estável e seguro, a ponto de suportar elevadas cargas. Tem o seu mais recorrente uso em pavimentação das vias terrestres (MELO *et al.*, 2017).

Em termos conceituais, o asfalto pode ser entendido como uma substância plástica que confere flexibilidade controlável às misturas com agregado mineral, considerado como um material forte e resistente, prontamente aderente, altamente impermeabilizante e durável (YANG; SHIN; YOO, 2017). Não fazer parágrafos só de uma frase, olha situações anteriores.

Quando o asfalto é misturado convenientemente com agregados de vários tamanhos, ambos aquecidos à temperatura de projeto obtém-se o concreto asfáltico. A temperatura do agregado é geralmente de 10 a 15°C acima da temperatura do ligante. A temperatura média de trabalho do concreto asfáltico gira em torno dos 150°C (SENGER; GOUVEIA; SANDAKA, 2018).

O asfalto é considerado um dos materiais de construção mais antigos utilizado pelo homem para os mais diversos fins, sendo o uso de maior importância na pavimentação. Entre suas características, estão a de proporcionar uma forte união dos agregados, flexibilidade, impermeabilidade, durabilidade e resistência, o seu uso se dará ainda por um longo período tempo. A preocupação surge, conforme mencionado por Ribas (2012), que diversos agentes químicos deletérios à saúde humana foram identificados nas emissões de asfalto, e muitos deles são comprovadamente cancerígenos, reconhecidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, além de se enquadrarem na relação de agentes químicos insalubres no Anexo 13 da Norma Regulamentadora de número 15 (BRASIL, 1978). O revestimento asfáltico é constituído basicamente de uma mistura de agregados (fragmentos de rochas) e ligantes asfálticos derivados do petróleo (SENGER; GOUVEIA; SANDAKA, 2018). Segundo Bernucci *et al.* (2008), o asfalto utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que

tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo.

E para Figueredo (2010), o asfalto é um betume espesso que é obtido pela destilação do petróleo com um ponto de ebulição de 600°C. É constituído de material aglutinante escuro e brilhante, de estrutura coloidal, constituído de misturas complexas de hidrocarbonetos não voláteis de elevada massa molecular, além de substâncias minerais, resíduo da destilação a vácuo do petróleo bruto. Não é um material volátil, é solúvel em bissulfeto de carbono, é termoplástico a temperaturas entre 150 e 200°C, com propriedades isolantes e adesivas. Também denomina a superfície revestida por este betume.

O asfalto é o resíduo da destilação de petróleo cru, com várias misturas para usos como pavimentação e telhados. Sua composição depende do processo de produção e da química do campo de petróleo original. Há uma grande variação de hidrocarbonetos e outras moléculas contidas no produto. A exposição às emissões de asfalto em pavimentação de ruas e estradas se dá tanto por gases e vapores, quanto por material particulado. Todos esses tipos de emissões são prejudiciais à saúde humana (AZEVEDO, 2019).

2.2 Riscos químicos

A constituição química de um ligante asfáltico, visto que este é um derivado do petróleo, será predominantemente composta de hidrocarbonetos (90 a 95%), cerca de 82 a 88% de sua composição é formada por átomos de carbono e de 8 a 11% de sua composição é formada por átomos de hidrogênio. Além disso, são encontrados heteroátomos de enxofre (0 a 6%), oxigênio (0 a 1,5%) e nitrogênio (0 a 1%), assim como alguns metais, tais como, vanádio, níquel, ferro, entre outros. A composição do material dependerá, diretamente, do petróleo que deu origem ao ligante asfáltico (SHELL, 2015).

Na Figura 1 há uma classificação adaptada, das emissões asfálticas quanto as suas características físico e químicas.

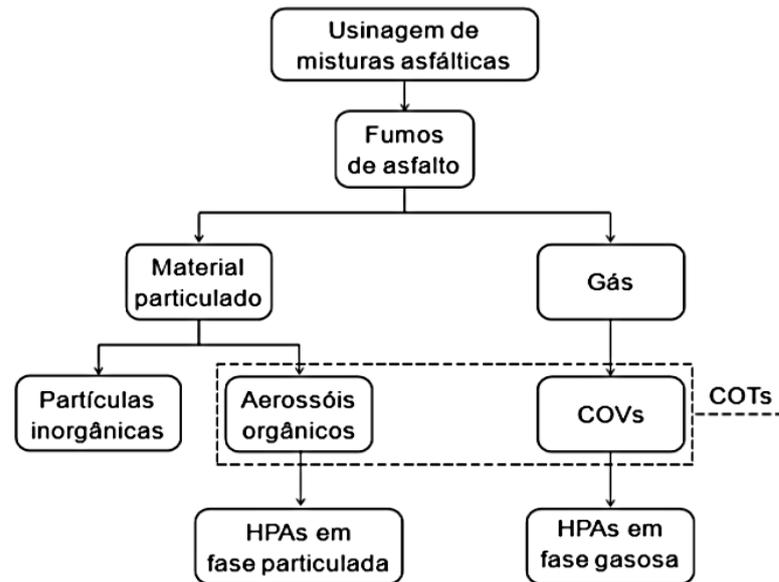


Figura 1 - Classificação de emissões asfálticas quanto as suas características físico e químicas
Fonte: Motta (2011).

O asfalto é um resíduo derivado do refino do petróleo e contém uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, parafínicos, aromáticos, compostos contendo carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, dentre eles, Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos - HAP (GUIMARÃES, 2003).

A exposição às emissões de asfalto em pavimentação de ruas e estradas se dá tanto por gases e vapores, quanto por material particulado. E todos esses tipos de emissões são prejudiciais à saúde humana. Entre o material particulado, a maioria das partículas é de tamanho minúsculo ($< 2,5 \mu\text{m}$), o que facilita não apenas a sua inalação, mas também a sua chegada às partes mais profundas do pulmão (alvéolos), diminuindo a capacidade respiratória do indivíduo e aumentando os processos inflamatórios (LOPES, 2006).

Ainda segundo o autor, dentre as emissões gasosas destacam-se o metano, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio.

2.3 Inventário de possíveis emissões atmosféricas presentes no processo de produção asfáltica

O inventário de emissões é uma poderosa ferramenta para avaliar o progresso obtido no cumprimento das metas de redução de emissões ou ainda, um importante

instrumento de avaliação da estratégia de controle ou manutenção da qualidade do ar (LYRA, 1999).

Segundo a *European Environment Agency* – (EEA, 2002), o inventário de emissões atmosféricas é a base essencial para todos os programas de gerenciamento da qualidade do ar. Objetivamente, os níveis de referência fornecem suporte para determinar as relações entre as emissões dos poluentes (padrões de emissão) e os efeitos sobre o meio ambiente (padrões de qualidade) (CAVALCANTI, 2010).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA, 2000) avaliou as principais emissões em usinas de asfalto a quente como sendo:

- Emissões de material particulado que incluem PM-10 e PM-2,5;
- Metais poluentes do ar como os HAP;
- Compostos orgânicos;
- Dióxido de enxofre - SO₂;
- Óxidos de nitrogênio - NO_x;
- Monóxido de carbono - CO;
- Dióxido de carbono - CO₂;
- Compostos orgânicos voláteis - VOC.

2.3.1 Emissões químicas durante o processo de fabricação de asfalto

Os óxidos de nitrogênio são normalmente encontrados nos gases de exaustão de processos envolvendo a queima de combustíveis fósseis e, dentre eles, o NO e o NO₂ são considerados os de maior importância ambiental/toxicológica na baixa troposfera. Ambos estão presentes em concentrações significativas em atmosferas poluídas, são bastante reativos nesse meio e apresentam propriedades toxicológicas importantes, sendo que o NO₂ é muito mais tóxico que o NO (KURIYAMA; MOREIRA; SILVA, *et al.*, 1997).

É produzido no processo de combustão dos motores de veículos, mas além dessas fontes existe outras que são responsáveis por produção de energia a partir do processo de queima de combustíveis fósseis, podem contribuir no aumento dos níveis de NO_x (VALLERO, 2007). Sua reação com o oxigênio, na presença de luz solar, faz com que o NO₂ se torne responsável pela formação de ozônio, outro importante poluente atmosférico.

O dióxido de enxofre também é resultado do processo de queima de combustíveis fósseis, tendo os veículos automotores como suas principais fontes de emissão, além das indústrias que utilizam processos de combustão para geração de energia (VALLERO, 2007). Esse poluente tem na sua formação o ácido sulfúrico - H_2SO_4 , sendo bastante nocivo. A produção deste ácido ocorre pela simples reação de SO_2 com água, devido à sua alta solubilidade em temperatura ambiente.

Em relação à saúde humana, o SO_2 é altamente solúvel nas passagens úmidas do aparelho respiratório superior (DERISIO, 2000).

Vários estudos chamam atenção para o elevado risco à saúde humana que o SO_2 pode provocar (FREITAS *et al.*, 2004; NASCIMENTO; MÓDOLO; JUNIOR, 2004), entre eles irritação e aumento na produção de muco, desconforto na respiração e agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares, tanto que é considerado um irritante primário.

O monóxido de carbono é liberado no ambiente por fontes naturais (atividade vulcânica, descargas elétricas e emissão de gás natural) e como produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis, sistemas de aquecimento, usinas termelétricas a carvão, queima de biomassa e tabaco. Outras fontes incluem a oxidação fotoquímica de compostos orgânicos voláteis na atmosfera ou na superfície de corpos de água. A atmosfera é o compartimento principal de dispersão enquanto as águas superficiais encontram-se saturadas do gás. Na atmosfera, o composto pode sofrer oxidação por radicais livres formando dióxido de carbono. Na água e no solo existem microrganismos capazes de utilizar o composto como fonte de energia (CETESB, 2020).

No processamento do asfalto, a liberação do monóxido de carbono ocorre quando a mistura está aquecida. Geralmente em forma de nuvens, na atmosfera (EPA, 2000).

O ozônio é um gás altamente reativo, incolor e inodoro nas concentrações ambientais, sendo o principal componente da névoa fotoquímica. É produzido quando os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, ativados pela radiação solar. Embora tenha origem natural nas camadas superiores da atmosfera, onde exerce uma importante função ecológica, absorvendo as radiações ultravioletas do sol, pode ser nocivo nas camadas inferiores da atmosfera (BRAGA; HESPANHOL, 2005). O ozônio encontrado na faixa de ar próxima do solo, onde respiramos, chamado de mau ozônio, é tóxico. Entretanto, na estratosfera (cerca de 25 km de

altitude), o ozônio tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol (CETESB, 2021).

2.4 Poluição atmosférica

Segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA, 2018), aproximadamente 417 mil pessoas morreram prematuramente, devido à poluição. E, embora a melhora na qualidade do ar tenha evitado cerca de 60 mil mortes na comparação de 2009 a 2018, o número de vítimas ainda é alarmante. Para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a poluição atmosférica pode ser definida como presença de contaminantes ou substâncias poluidoras no ar que interferem na saúde ou bem-estar dos humanos, ou que produzem outros efeitos nocivos ao meio ambiente (BARBOSA, 2019).

As substâncias que podem poluir o ar atmosférico são inúmeras, mas o governo norte-americano, em 1970, através da Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act*), definiu seis delas como principais, utilizadas como parâmetros para a determinação da qualidade do ar: Material Particulado, O₃, CO, SO₂, NO₂ e Pb, sendo estas as mesmas substâncias cujas concentrações são utilizadas atualmente pela agência que regulamenta os limites de poluentes do ar atmosférico norte-americano, a *Environmental Protection Agency* - EPA. A relevância destas substâncias se deve, tanto pelos seus potenciais nocivos, como por serem facilmente encontradas em concentrações perigosas no meio urbano, já que várias atividades humanas são responsáveis por suas emissões (EPA, 2021).

A partir do início dos anos 70, a Europa comprometeu-se firmemente a defender o meio ambiente: a proteção da qualidade do ar e da água, a preservação dos recursos e da biodiversidade, a gestão dos resíduos e das atividades com impacto negativo são alguns dos alvos da ação europeia, quer ao nível dos Estados-Membros quer ao nível internacional. A política ambiental europeia está fundamentada no artigo 174º do Tratado que institui a Comunidade Europeia e tem por objetivo garantir o desenvolvimento sustentável do modelo de sociedade europeu. As normas ambientais da UE foram sendo desenvolvidas ao longo de décadas, em resposta a toda uma variedade de problemas. Hoje em dia, a luta contra a redução dos problemas de saúde causados pela poluição do ar está entre as grandes prioridades e tais iniciativas, na

medida em que incentivam a inovação e o empreendedorismo, contribuem para o crescimento econômico (CAVALCANTI, 2010).

A mesma autora traz que em 2008, numa das suas iniciavas mais recentes na matéria, a União Europeia - UE decidiu estabelecer limites obrigatórios para as emissões de partículas PM-2,5, que são emitidas pelos veículos automotores e podem causar doenças respiratórias. Ao abrigo da nova legislação, que começa a ser aplicada em 2011, e vai até 2020, os países da UE têm de reduzir, em média, em 20% a exposição a estas partículas poluentes nas áreas urbanas (com base nos níveis de 2010) (CAVALCANTI, 2010).

No Brasil, o responsável pela regulamentação dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar é o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. Os valores atualizados de limites para o padrão de qualidade do ar estão dispostos na Resolução CONAMA de número 491, de 19 de novembro de 2018 (CONAMA 491/2018), onde os valores vigentes adotados pela OMS foram estabelecidos como os valores de padrão final para NO₂, O₃, Material Particulado - MP e SO₂ (BARBOSA, 2019).

De acordo com Mota (2000), nem sempre é fácil estabelecer uma relação direta entre determinado poluente e os efeitos que o mesmo provoca no ambiente. A dispersão do poluente no ar, a distância que alcança sua concentração e o tempo de exposição ao mesmo são alguns fatores que influem nos impactos que podem causar.

Citar autores ou outros trabalhos que tangenciam o assunto. Trabalhos similares. A revisão está muito focada em conceitos.

2.5 Riscos ocupacionais

É importante mencionar que apesar do aspecto econômico, do desenvolvimento de vários setores e cidades com a pavimentação, estudos apontam que o asfalto, principal componente do revestimento em pavimentos flexíveis, possuem substâncias químicas nocivas à saúde dos trabalhadores que estão expostos a este produto.

Os vapores são liberados quando o asfalto é aquecido e apresentam material particulado em sua composição (NIOSH, 2000). À medida que os vapores de asfalto resfriam eles condensam formando pequenas gotículas, que são denominadas de fumos. Algumas dessas gotículas tem diâmetro efetivo menor que 12,5 micras e são

inaláveis. A composição química de fumos e vapores de asfalto depende de alguns fatores como a origem do petróleo do qual foi extraído, tipo, tempo de preparação e, também, da temperatura de usinagem da mistura (NIOSH, 2000).

A emissão de fumos de asfalto se torna visível à temperaturas em torno de 150°C e a quantidade de fumos gerados pelo asfalto quando aquecido dobra a cada 12°C de aumento (SHELL, 2015). Os fumos são compostos basicamente de hidrocarbonetos e apresentam gás sulfídrico - H₂S em sua composição química. A exposição humana ao sulfeto de hidrogênio pode levar uma pessoa à morte caso a sua concentração no ar seja superior a 500 ppm (SHELL, 2015).

O sulfeto de hidrogênio -H₂S é um gás incolor, de cheiro desagradável característico, extremamente tóxico e mais denso do que o ar. É bastante inflamável e sua temperatura de autoignição é de 260°C, enquanto o limite de baixa exclusividade é da ordem de 4,3% no ar (em volume).

O sulfeto de hidrogênio devido a sua toxidez é capaz de irritar os olhos e/ou atuar no sistema nervoso e respiratório dos seres humanos e, dependendo da concentração, pode matar um ser humano em questão de minutos. Quando se respira, o H₂S penetra pelos pulmões e alcança a corrente sanguínea (MAINIER; VIOLA, 2005). De acordo com a décima quinta Norma Regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que regulamenta as atividades e operações insalubres, dispõe no anexo de número 13, a relação de atividades e operações envolvendo agentes químicos, que são consideradas insalubres (BRASIL, 1978).

Não só isso, a Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ do CAP 50/70 emitido pela Petrobrás Distribuidora S.A (2014), indica que o limite de exposição ocupacional dos fumos asfálticos conforme *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2020) é de 0,5 mg/m³, sendo que a identificação do perigo mais importante é a ocorrência de irritação à pele, irritação ocular séria, podendo causar irritação respiratória, sonolência e vertigem, dano aos órgãos do trato respiratório e à pele através da exposição repetida ou prolongada. Informa também que o produto contém gás sulfídrico, extremamente tóxico e inflamável.

O meio Ambiente do Trabalho é constituído pelo ambiente local, no qual as pessoas desenvolvem as suas atividades laborais, remuneradas ou não remuneradas, cujo equilíbrio está baseado na salubridade do meio e na ausência de agentes que

comprometam a incolumidade físico-psíquica dos trabalhadores, independentemente da condição que ostentem (FIORILLO, 2003).

A avaliação de riscos é o início do processo de gestão de riscos. Permite as ações necessárias para a melhoria dos locais de trabalho, saúde, segurança e produtividade, e ao meio ambiente.

A exposição de trabalhadores aos riscos ocupacionais pode trazer perda na qualidade de desempenho do trabalho, que resulta, inclusive, no comprometimento da sua qualidade de vida e saúde, incluindo-se os acometimentos por adoecimentos e acidentes de trabalho.

No Brasil, o sistema público de saúde vem atendendo os trabalhadores ao longo de toda sua existência. Porém, uma prática diferenciada do setor, que considere os impactos do trabalho sobre o processo saúde/doença, surgiu apenas no decorrer dos anos 80, passando a ser ação do Sistema Único de Saúde - SUS quando a Constituição Brasileira de 1988, na seção que regula o direito à saúde, a incluiu no seu artigo 200: Ao sistema único de saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei: (...) II- executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como as de saúde do trabalhador; (...).

A existência de sistemas de Saúde e Segurança no Trabalho - SST nas empresas e o monitoramento da saúde ocupacional dos trabalhadores, possibilita a realização de diagnósticos precoces evitando, assim, doenças graves e o possível afastamento de funcionários, o que acaba contribuindo para a diminuição do uso da rede pública de saúde pelos trabalhadores, de auxílios previdenciários e portando, um impacto positivo social e econômico para a sociedade.

2.5.1 Saúde ocupacional no trabalho com produção de asfalto

A preocupação com os trabalhadores envolvidos com asfalto não é de hoje. Vários estudos relacionados a essa problemática vem sendo feitos ao longo dos anos, relacionados tanto aos riscos ocupacionais, quanto as emissões que essa mistura gera à atmosfera. Barbosa (2019) cita que um dos estudos pioneiros a propor a avaliação das emissões asfálticas ao meio ambiente, foi o conduzido por Brandt e Groote (1999), e em relação as avaliações ocupacionais.

Cravo *et al.* (2010) durante uma palestra discutiu um estudo que nos Estados Unidos, assim como na Europa, estimam, em suas respectivas comunidades, uma

média de 300.000 trabalhadores envolvidos em obras de pavimentação asfáltica. São pessoas envolvidas diariamente com exposição a esse risco.

Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS, a saúde ocupacional consiste na promoção de condições laborais que garantam o mais elevado grau de qualidade de vida no trabalho, protegendo a saúde dos trabalhadores, promovendo o bem-estar físico, mental e social, prevenindo e controlando os acidentes e as doenças através da redução das condições de risco.

Na operação da usina de asfalto, as condições laborais não são as mais favoráveis em questões de saúde ocupacional, pois a exposição dos trabalhadores se dá de forma direta ao risco. Os mesmos estão diretamente ligados ao processo de trabalho: desde o carregamento da matéria prima, até a aplicação do material preparado nos trechos de aplicação.

Para isso, existem os chamados Limites de Tolerância - LT que são limites estabelecidos para exposição diária ou semanal em que os trabalhadores possam ficar em relação os produtos químicos aos quais estão expostos durante suas jornadas de trabalho.

2.5.2 Limites de tolerância para emissões químicas

Para as emissões químicas oriundas de uma usina de produção de asfalto, escolhidas para estudo nesse trabalho, elaborou-se a Tabela 1, com os principais Limites de Tolerância estabelecidos por instituições especialistas na área, tanto brasileiras quanto internacionais, relacionados a exposição ocupacional.

Tabela 1 - Químicos e seus limites de tolerância

Químico: Monóxido de Carbono (CO)
Limites de Exposição Ocupacional
OSHA (PEL): 50 ppm TWA
ACGIH (TLV): 25 ppm TWA
NIOSH (REL): 35 ppm TWA: 200 ppm
NR 15: 39 ppm (jornada de 48 h/semana)
IPVS/IDLH: 1500 ppm
Químico: Sulfeto de Hidrogênio (H₂S)
Limites de Exposição Ocupacional
NIOSH REL: 10 ppm (10 minutos)
OSHA PEL: 20 ppm - 50 ppm (10 minutos – pico)
NR 15: 8 ppm (jornada de 48 h/semana)
IPVS/IDLH: 100 ppm (CDC/NIOSH)
Químico: Dióxido de Enxofre (SO₂)
Limites de Exposição Ocupacional
NIOSH REL: 2 ppm TWA
OSHA PEL: 5 ppm TWA
NR 15: 4 ppm (jornada de 48 h/semana)
IPVS/IDLH: 100 ppm
Químico: Ozônio (O₃)
Limites de Exposição Ocupacional
NIOSH REL: 0,05 ppm TWA
OSHA PEL: 0,1 ppm TWA
NR 15: 0,08 ppm (jornada de 48 h/semana)
IPVS/IDLH: 5 ppm
Fonte: Brasil (1978), Niosh (2000) e Osha (2020).

As *Theresold Limit Value* - TLVs referem-se às concentrações das substâncias dispersas na atmosfera que representam as condições sob as quais se acredita, que quase todos os trabalhadores possam estar expostos continua e diariamente, sem apresentar efeitos adversos à saúde. Os valores de TLVs são calculados para um período de 7 a 8h por dia, num total de 40h semanais, sem que isso traga danos para a sua saúde (ACGIH, 2020).

O TLV é dividido em três tipos principais: *Time Weight Average* - TWA é a concentração média ponderada pelo tempo de exposição para a jornada de 8h/dia, 40h/semana, à qual praticamente todos os trabalhadores podem se expor,

repetidamente, sem apresentar efeitos nocivos e *Short Time Exposure Limit* – STEL é a concentração na qual os trabalhadores podem se expor, por um curto período, sem apresentar efeitos adversos. O tempo máximo de exposição aos valores do STEL é de 15 minutos, podendo ocorrer, no máximo, 4 vezes durante a jornada, sendo o intervalo de tempo entre cada ocorrência de pelo menos 60 minutos. O TWA não pode ser ultrapassado ao fim da jornada. E o TLV-C é o padrão que não pode ser ultrapassado em momento algum da jornada, sendo necessário realizar medições instantâneas sempre que possível (CALACIOPPO, 2010).

Segundo Franchini (2018), os valores de TLVs, TWA, STEL, TLV-C devem ser corrigidos para a jornada de trabalho brasileira utilizando o modelo de correção de BRIEF & SCALA.

Já para os parâmetros ambientais, utilizou-se a Resolução CONAMA 461/2018, especificadas no capítulo que trata da legislação ambiental.

2.6 Riscos ambientais

A operação de uma usina de produção de asfalto produz emissões atmosféricas e como toda atividade semelhante, está sujeita a legislação ambiental vigente, para que seja observado se a sua operação está dentro dos parâmetros exigidos.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA na Resolução 491/2018 trata poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar como: impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudiciais à segurança e gozo da propriedade e às atividades normais a comunidade (CONAMA, 2018).

Através desses instrumentos que também se buscam gerar novos comportamentos nas pessoas e empresas, para que os mesmos possam agir de forma mais responsável e sustentável, ocorrendo assim uma real preservação do meio ambiente (MARTORELLI, 2015).

O padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em

estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Então cada vez mais, as máquinas precisam estar preparadas com dispositivos que controlem essas emissões ao meio ambiente. Essa seleção, de qual dispositivo é mais adequado, nem sempre é fácil. É preciso ter o estudo minucioso do tipo de emissão existente.

2.6.1 Equipamentos de controle de poluição do ar - ECP

Os equipamentos de controle são classificados primeiramente em função do estado físico do poluente a ser considerado. Em seguida a classificação envolve diversos parâmetros como mecanismo de controle, uso ou não de água ou outro líquido (CIMM, 2020).

Analisando a fonte de poluição em si, tem-se hoje um conjunto de técnicas de controle que são utilizadas tanto para as fontes fixas (indústrias), como para as fontes móveis (veículos, aviões, trens, embarcações). Do ponto de vista da poluição do ar, temos dispositivos de controle tais como: filtros de mangas, precipitadores eletrostáticos, lavadores de gases, os quais são instalados entre a fonte de emissão e a atmosfera. A filtração de gases em filtros adequados é considerada um dos mais promissores recursos no desenvolvimento da tecnologia de coleta de particulados nos últimos anos, visto que a limpeza é de grande importância não só por motivos ambientais como também econômicos, pelo fato dos filtros de mangas serem economicamente viáveis (ROCHA; CERON, 2018).

Gerado em elevada quantidade dentro de processos produtivos diversos, como por exemplo o de uma usina de asfalto, o material particulado é definido como uma mistura de partículas sólidas (aerossóis) ou líquidas, exceto água pura, encontradas no ar. Suas propriedades físicas e composição química podem variar conforme a sua fonte de emissão (EPA, 2007).

Por definição, a filtração é um método físico de separação de misturas heterogêneas, quando temos um sólido disperso em um líquido ou gás (CREMASCO, 2014).

Alguns estudos mostram que a eficiência do filtro depende da velocidade do gás, acabando com a hipótese principal de que o determinante da faixa de retenção seja apenas o espaço entre as fibras. Para que ocorra a filtração, é necessário que

haja contato físico entre a partícula e coletor, que, no caso dos filtros de tecidos, são as fibras. Além disso, é necessário que a partícula permaneça retida no coletor (ROCHA, 2010). Afirma ainda, que a verificação de qual velocidade seria mais adequada para o equipamento proposto poderá influenciar diretamente na eficiência de filtração e na vida útil das mangas.

É importante que o filtro fique seco quando os gases são filtrados pois no escoamento de gás, muitos sólidos são deliquescentes e, se houver umidade, esses materiais têm uma tendência para pegar umidade e dissolver ligeiramente, causando um entupimento do tecido. Nesses casos, é impossível remover este material do pano sem lavar ou raspar o filtro (WANG; CHEN, 2004).

A escolha do meio filtrante a ser utilizado dependerá das características do gás transportador (temperatura, umidade, alcalinidade e acidez), das características das partículas a serem filtradas (concentração, distribuição de tamanhos, abrasividade) do tipo de limpeza a ser utilizado, do custo e da disponibilidade do mercado. Os filtros de tecido são de elevada eficiência para fumos e poeiras acima de $0,1 \mu\text{m}$ (BARBOSA, 2019).

Na usina de estudo, o equipamento de controle de poluição utilizado é o filtro de manga.

2.6.1.1 Princípio de funcionamento dos filtros de manga

No filtro de mangas, ilustrado na Figura 2, o ar sujo que entra é filtrado por um conjunto de meios filtrantes constituídos de materiais naturais ou sintéticos, denominados mangas.

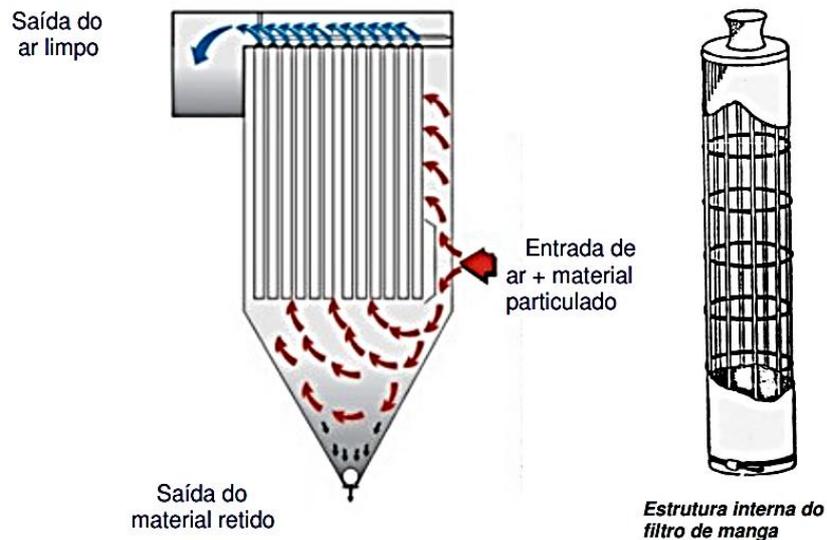


Figura 2 - Funcionamento básico de um filtro de mangas
Fonte: Lisboa (2014).

As partículas ficam retidas no meio filtrante e o ar sai limpo para a atmosfera. Em certo período ou quando uma queda de pressão máxima no filtro é atingida, ocorre a limpeza das mangas e a torta removida acumula-se na parte inferior da estrutura, onde é recolhida (Figura 4). As gaiolas, como se observa na Figura 3, sustentam as mangas de forma a deixarem-nas esticadas e impedir a colisão entre elas.

A configuração dos componentes no equipamento depende basicamente do mecanismo de limpeza das mangas, que são: Ar Reverso, Agitação Mecânica (sacudimento) e Jato Pulsante (*Jet Pulse*). Entretanto, de forma geral, as partes importantes são: Gaiolas, que dão suporte para o tecido ser colocado e compor o meio filtrante; Tecido, responsável por realizar a filtração dos gases, sendo assim a parte fundamental no equipamento; Moega, que é o recipiente de descarga do pó desprendido das mangas e também das partículas que entram com baixa velocidade; Chapa Espelho, local onde as mangas são fixadas, com aberturas distribuídas em fileiras, de forma a garantir que o número total de mangas esteja distribuído de acordo com o projeto na caixa de filtração (MARQUES, 2017).

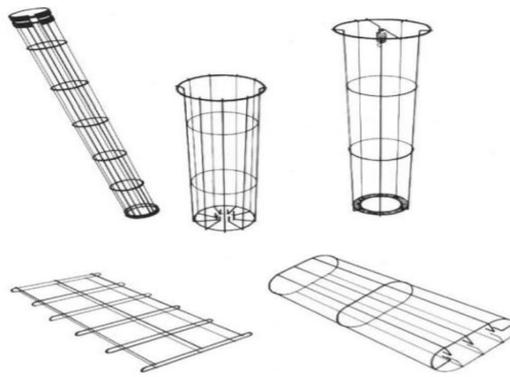


Figura 3 - Gaiolas de sustentação das mangas
Fonte: Mukhopadhyay *et al.* (2009).

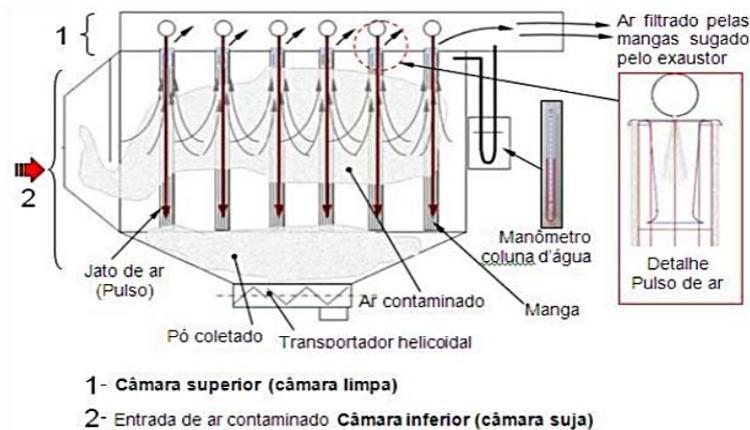


Figura 4 - Esquema ilustrativo do funcionamento do filtro de mangas
Fonte: Terex (2011).

2.7 Legislação ambiental

O Meio Ambiente possui leis, decretos e resoluções que compõem a legislação ambiental vigente, que servem para estabelecer as regras e diretrizes para o funcionamento das empresas, bem como, condutas dos cidadãos em relação ao mesmo. Definem ainda infrações em caso de não cumprimento de regras de preservação. Podem ser de âmbito municipal, estadual e federal, sendo que os dois primeiros precisam seguir as diretrizes de âmbito federal, podendo criar suas próprias. Atualmente o Brasil conta com 17 leis relacionadas ao Meio Ambiente.

2.7.1 Legislação ambiental em âmbito nacional

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, o CONAMA órgão pertencente ao Ministério do Meio Ambiente, tem em sua Resolução de número 01/1986 que toda

atividade potencialmente poluidora deverá realizar um Estudo de Impacto Ambiental - EIA e seu posterior relatório, Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, anterior ao início de suas atividades, como forma de levantamento de seus principais impactos, propondo-se assim, as ações mitigatórias cabíveis. Em relação as usinas de produção de asfalto, além da atividade ser considerada potencialmente poluidora, ainda é enquadrada na Resolução CONAMA de número 491 de 2018. Essa resolução estava há 30 anos sem atualização. Sua primeira versão era de 1990, atualizada em 2018, com padrões mais restritivos, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Padrões emissões Resolução CONAMA 491/2018.

Poluente Atmosférico	Sigla	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	ppm
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Material Particulado	MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
		Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado	MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
		Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre	SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
		Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio	NO ₂	1 horas ²	260	240	220	200	-
		Anual ¹	60	50	45	40	-
Partículas Totais em Suspensão	PTS	24 horas	-	-	-	240	-
		Anual ⁴	-	-	-	80	-
Fumaça	-	24 horas	120	100	75	50	-
		Anual ¹	40	35	30	20	-
Ozônio	O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Monóxido de Carbono	CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Chumbo	Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

Fonte: Conama (2018).

Outra resolução CONAMA, que a usina de produção de asfalto se enquadra, é a de número 237/1997 que trata de Licenciamento Ambiental, que será discutida no próximo tópico.

2.7.2 Licenciamento ambiental da atividade de produção de asfalto

O licenciamento ambiental é instrumento fundamental na busca do desenvolvimento sustentável. Sua contribuição é direta e visa encontrar o convívio equilibrado entre a ação econômica do homem e o meio ambiente onde se insere. Busca-se a compatibilidade do desenvolvimento econômico e da livre iniciativa com o

meio ambiente, dentro de sua capacidade de regeneração e permanência (TCU, 2007).

De acordo com a Resolução nº 237 de 1997 do CONAMA, licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

2.7.2.1 Licenciamento ambiental de uma usina móvel de produção de concreto asfáltico

O procedimento de licenciamento ambiental, conforme o disposto na Resolução CONAMA nº 237/97, art. 10, obedece às seguintes etapas, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Etapas para licenciamento ambiental

1. Cadastramento do empreendedor e do empreendimento junto ao Sistema de Informações Ambientais - SinFAT;
2. Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
3. Análise dos documentos pelo órgão fiscalizador, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas;
4. Solicitação de esclarecimentos e complementações pela pelo órgão fiscalizador;
5. Emissão de parecer técnico conclusivo;
6. Deferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

Já de acordo com o disposto na Resolução de número 3 do CONAMA, a atividade que possui área útil de 0,004 hectares necessita da elaboração de Estudo Ambiental Simplificado - EAS e conforme Termo de Referência - TR anexo à Resolução CONSEMA 001/2006, a ser apresentado na fase de requerimento da Licença Ambiental Prévia.

No Quadro 3, as etapas contempladas pelo EAS e seus conteúdos.

Quadro 3 - Etapas e conteúdo de Estudo Ambiental Simplificado

Objeto do licenciamento;
Justificativa da atividade/empreendimento;
Identificação do empreendedor (dados do empreendedor e do empreendimento);
Caracterização do empreendimento (localização e características técnicas);
Diagnóstico ambiental (quanto à delimitação da área de influência direta e compatibilidade do empreendimento com a legislação envolvida, quanto ao uso e ocupação do solo atual, quanto à infraestrutura existente, quanto às atividades socioeconômicas, quanto à cobertura vegetal e fauna, quanto ao tipo de solo e quanto aos recursos hídricos);
Identificação dos impactos ambientais e medidas de controle e;
Identificação dos responsáveis técnicos pelo estudo.

Após a juntada dos documentos, dá-se entrada no pedido de Licença Ambiental Prévia - LAP da Usina de Asfalto. A sequência do processo de licenciamento se dá com a solicitação da Licença Ambiental de Instalação - LAI e a Licença Ambiental de Operação - LAO.

2.8 Produção asfáltica com usinas automatizadas

As usinas de asfalto podem causar impacto ao meio ambiente, necessitando, por isso, do desenvolvimento de estratégias que permitam diagnosticar os danos e solucionar os problemas (RAUBER; CASSANEGO; SILVA, 2004) e segundo Doerj (1986) através do seu departamento de infraestrutura, é uma instalação que normalmente inclui: estocagem, dosagem e transferência de agregados frios; secador rotativo com queimador; transferência, peneiramento, estocagem e dosagem de agregados quentes; sistemas de estocagem e aquecimento de óleo combustível e de cimento asfáltico e misturador.

As usinas de asfalto variam em capacidade de produção e princípios de componentes, podendo ser estacionárias ou móveis. Existem dois tipos básicos de usina de asfalto que são: a usina de produção por batelada ou gravimétrica (DOERJ, 1986).

Para se obter a mistura asfáltica é preciso a associação de agregados com o ligante asfáltico, nas proporções estabelecidas, conforme projeto predeterminado de dosagem, produzindo assim uma massa homogênea, para posterior aplicação (BERNUCCI *et al.*, 2006).

2.8.1 Concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ é um dos tipos de revestimento asfáltico mais utilizados em rodovias e vias urbanas. O CBUQ possui como composição básica pó de pedra (areia), brita de diferentes granulometrias e um ligante chamado de Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP, obtido da destilação fracionada do petróleo. A produção do CBUQ consiste na mistura a quente destes materiais (SAMPAIO; RIBEIRO, 2017).

Na usina de produção de CBUQ de estudo, a produção ocorre diariamente em quantidades que dependem da demanda de utilização, tanto em recuperação de vias da cidade, quanto em operação Tapa Buracos.

A usina de fabricação de asfalto é de propriedade da Prefeitura de Pelotas. Essa atividade dentro da esfera municipal se dá há mais de 35 anos, com a implantação da usina de asfalto junto a Empresa Municipal de Obras – EMPEL, em 1983 e, no ano de 1984, instalada e em funcionamento na localização atual, na zona portuária de Pelotas (Autora, 2021).

A fabricação própria faz com que as quantidades de produção necessárias sejam controladas de maneira mais eficaz, assim, a produção se dá por demanda de utilização e a aplicação ocorre logo após a finalização da fabricação.

Com dados obtidos no local de estudo, as tabelas 3 e 4 mostram o número de toneladas de produção de asfalto na usina, tendo como base os anos de 2019 e 2020.

Tabela 3 - Produção mensal de asfalto em toneladas na Usina da Prefeitura de Pelotas em 2019

Ano	Mês	Quantidade (ton.)
2019	Janeiro	286
	Fevereiro	357
	Março	389
	Abril	366
	Maiο	433
	Junho	122
	Julho	236
	Agosto	355
	Setembro	394
	Outubro	340
	Novembro	572
	Dezembro	485
	Total	4335

Tabela 4 - Produção mensal de asfalto em toneladas na Usina da Prefeitura de Pelotas em 2020

Ano	Mês	Quantidade (ton.)
2020	Janeiro	245
	Fevereiro	563
	Março	249
	Abril	174
	Maio	124
	Junho	227
	Julho	425
	Agosto	501
	Setembro	585
	Outubro	266
	Novembro	837
	Dezembro	502
	Total	4698

2.8.2 Operação da usina para preparação do asfalto

Para a produção da mistura asfáltica, os silos devem ser abastecidos constantemente. O início do processo de usinagem se dá com a liberação do material britado nas correias dosadoras através das comportas reguláveis que realizam a dosagem de acordo ao projeto da mistura. O agregado ao passar pela ponte de pesagem (conjunto de balança e célula de carga), envia um sinal ao sistema de controle, determinando a velocidade de cada uma das correias. Assim, o material será transportado, em maior ou menor quantidade, à correia de transferência ou extratora (BONAFER, 2018). As correias de transferência levam as devidas frações de agregado misturado à um tambor cilíndrico com dois anéis de aço que gira sobre roletes de apoio. Este tambor é denominado secador, onde é realizada a mistura com o asfalto. Abaixo a figura 5 demonstra as partes da usina descritas anteriormente.

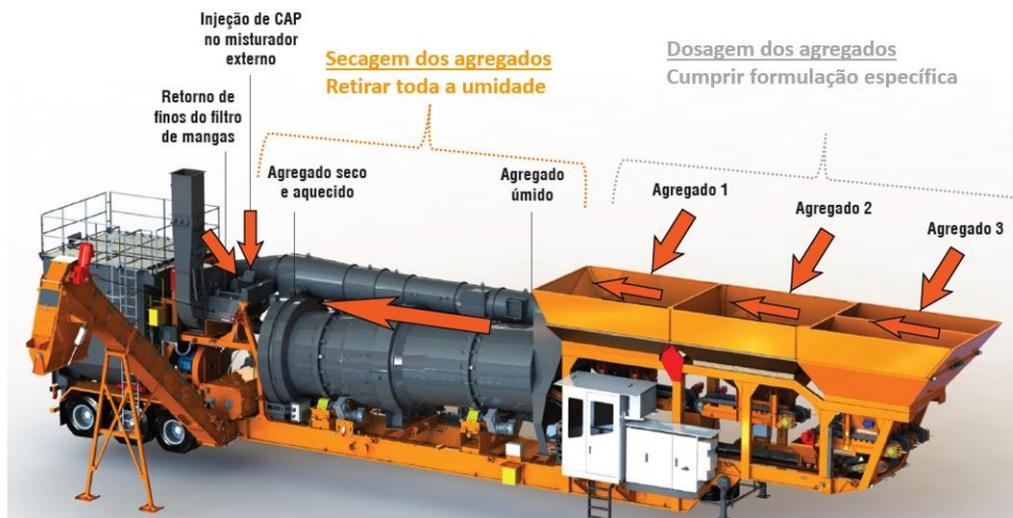


Figura 5 - Usina tipo semimóvel e seus componentes
 Fonte: Catálogo Técnico Terex (2011).

São necessários cuidados para fins de preservação do meio ambiente, que envolvem a estocagem, produção e aplicação de agregados, além da operação da própria usina. É possível, segundo o DNIT (2006), compreender três tipos de agentes poluidores: a emissão de partículas, de gases e emissões fugitivas.

2.8.2.1 Operações básicas envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente

Segundo Bernucci *et al.* (2006), as operações envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente são as seguintes:

- estocagem e manuseio dos materiais componentes das misturas asfálticas na área da usina;
- proporcionamento e alimentação do agregado frio no secador;
- secagem e aquecimento eficiente do agregado à temperatura apropriada;
- controle e coleta de pó no secador;
- proporcionamento, alimentação e mistura do ligante asfáltico com o agregado aquecido;
- estocagem, distribuição, pesagem e manuseio das misturas asfálticas produzidas.

O controle da qualidade no processo de produção de concreto betuminoso se constitui na amostragem dos serviços que estão sendo realizados e a realização de ensaios para verificar nas diversas fases de execução, desde a seleção, misturas ou aplicação desses materiais, e fases posteriores (MIRIGHI, 2003).

Para Pitangueiras (2003), o controle da qualidade na produção da massa asfáltica deve ser acompanhado por laboratório, para o acompanhamento e os ensaios pertinentes, devendo obedecer à metodologia indicada pelo órgão competente e atender aos parâmetros recomendados pelo mesmo.

Como o asfalto do tipo CBUQ não permite estocagem, a produção da usina é iniciada conforme demanda programada de aplicação. O caminhão que irá transportar a massa asfáltica até o ponto de aplicação fica disponível no local e transporta a produção da usina até o ponto de aplicação.

Portanto, ao receber uma demanda, inicia-se o processo de aquecimento das máquinas, que demora em média 30 minutos (tempo de *setup*). Os agregados minerais são então transferidos para os silos frios através de uma pá carregadora mecânica, dando início a operação das máquinas. As demais etapas de produção são todas automatizadas. Os agregados minerais (pó de pedra e brita) são misturados e aquecidos dentro do tambor. Após, são transportados para um separador que alimenta o silo quente, onde ocorre a dosagem dos insumos para o misturador, que também recebe o CAP vindo dos tanques aquecidos. Os insumos são misturados e despejados sobre a carroceria do caminhão. Este então se dirige ao local de aplicação. A quantidade de massa asfáltica produzida é controlada pelo operador da usina, na cabine de operação. Uma ilustração das operações da unidade pode ser vista na Figura 6.

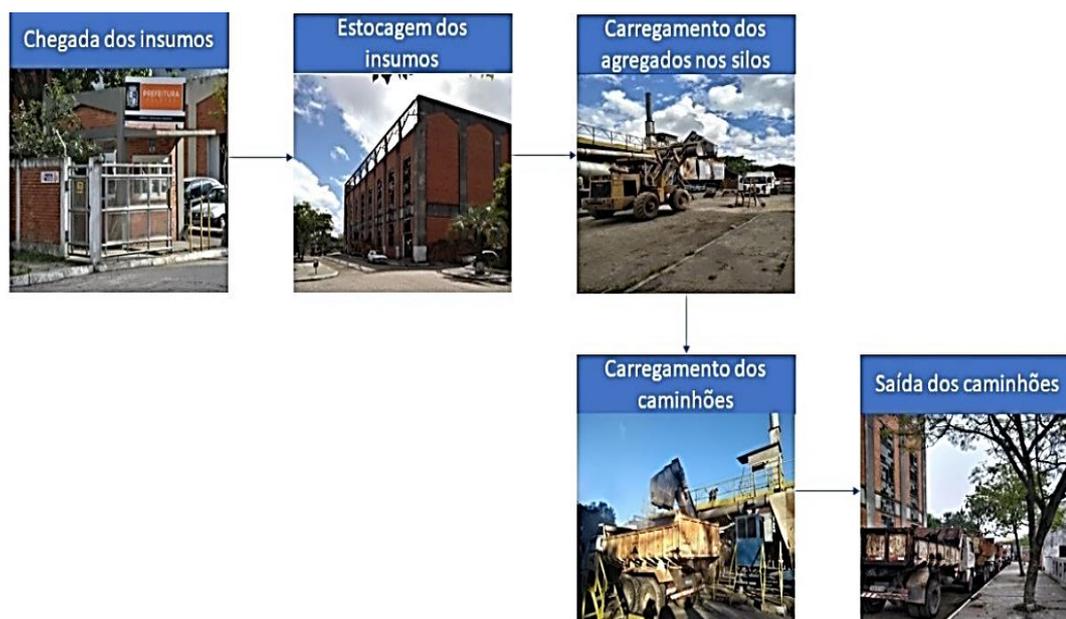


Figura 6 - Fluxo da usina de asfalto do estudo
Fonte: Autora (2021).

2.8.2.1.1 Armazenagem dos materiais

A estocagem tanto dos agregados quanto do ligante utilizado nas usinas de produção de CBUQ precisam ser levadas em consideração.

A temperatura de estocagem é de suma importância para o andamento dos serviços das Usinas de Asfalto, pois, para preparar a massa asfáltica, o ligante deve estar a uma temperatura ideal para garantir o envolvimento do material pétreo que compõe a mistura asfáltica (massa).

Os materiais asfálticos também sofrem ação da temperatura nos tanques de estocagem das usinas, ação que também pode conduzir ao craqueamento térmico, processo que provoca a quebra de moléculas por aquecimento a altas temperaturas, isto é, pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas superiores a 450°C, formando uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo. Uma maneira de minimizar esse fenômeno e economizar energia térmica durante a estocagem é o uso de agitadores nos tanques.

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos. A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível (SANTOS, 2011). Figura 7 demonstra o armazenamento dos agregados no local do estudo.



Figura 7 - Armazenamento do estoque de agregados
Fonte: Autora.

2.8.2.1.2 Alimentação dos agregados nos silos

Agregado pode ser considerado um material particulado, não coesivo e de atividade química praticamente nula, utilizado em diversas misturas, preenchendo uma extensa gama de tamanhos (BAUER, 2000). Senço (2008) considera os agregados como materiais inertes e granulares, sem forma ou dimensões definidas, com propriedades adequadas para compor camadas ou misturas para utilização em diversos tipos de obras, representando nas misturas de pavimentação, o maior volume em relação aos demais componentes das mesmas.

Uma usina asfáltica é um conjunto de equipamentos conectados, variando em capacidade de produção e método de proporcionamento das matérias-primas, com a função de proporcionar a mistura aquecida entre agregados e o ligante asfáltico (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Ainda segundo os mesmos autores, esses silos são carregados individualmente com agregados provenientes da zona de estocagem, devendo ser tomados cuidados a fim de evitar a mistura de frações granulométricas de diferentes silos como o adequado dimensionamento dos silos, a instalação de divisores verticais nos limites entre eles e o seu não sobrecarregamento.

O carregamento dos silos na usina de estudo é realizado através de uma pá carregadora que é controlada pelo operador de máquina, conforme a Figura 8.



Figura 8 - Carregamento dos agregados no silo
Fonte: Autora.

2.8.2.1.3 Processo de usinagem

Segundo Santana e Rody (2016), através do traço estipulado, o operador, pela cabine de comando, realiza a dosagem do agregado no misturador, onde é realizada uma mistura a seco dos agregados, sendo o ligante asfáltico inserido em seguida, gerando assim a mistura asfáltica.

A mistura asfáltica fica pronta em quantidades unitárias, e é então despejada em caminhões, sendo transportada até o local de destino, onde será aplicada de maneira adequada em uma superfície previamente preparada (SANTANA; RODY, 2016). A figura 9 mostra o momento do carregamento dos caminhões com a mistura asfáltica pronta.



Figura 9 - Carregamento dos caminhões com a mistura asfáltica pronta
Fonte: Autora

2.8.2.1.4 Carregamento das cargas de CBUQ nos caminhões de transporte

Previamente, as caçambas dos caminhões são limpas e ligeiramente lubrificadas com água e sabão ou óleo cru fino, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas da báscula. O excesso é retirado antes do carregamento,

basculhando-se a caçamba. Produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico como óleo diesel e gasolina não são utilizados (DER, 2007; CEHOP, 2013).

2.9 Controle de qualidade nas operações básicas envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente

Para que o serviço seja executado de maneira adequada é necessário que exista também o controle de qualidade. De acordo Fontana Filho (2009), este envolve além da verificação dos resultados dos ensaios e referência normativa utilizada para controle, também a análise quanto ao atendimento ou não das especificações do empreendimento, adequação das instalações, calibração dos instrumentos ou equipamentos e métodos utilizados para medição de qualquer propriedade, registro e competência técnica dos envolvidos.

As ferramentas da qualidade são vistas como meios capazes de levar através de seus dados à identificação e compreensão da razão dos problemas e gerar soluções para eliminá-los, buscando a otimização dos processos operacionais da empresa (LEITE, 2019). Riberio Jr. (2016), as ferramentas sempre devem ser encaradas como um meio para atingir as metas ou objetivos. Os meios são as ferramentas que podem ser usadas para identificar e melhorar a qualidade, enquanto a meta é onde queremos chegar. A qualidade não pode estar separada das ferramentas básicas usadas no controle, melhoria e planejamento da qualidade, pois fornecerem dados que ajudam a compreender a razão dos problemas e determinam soluções para eliminá-los.

2.10 Especificações de materiais utilizados na produção de asfalto

2.10.1 CAP 50/70

É utilizado como uma das matérias-primas. O cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70 classifica-se de acordo com a sua consistência medida pela penetração (de agulha) à 25°C, em décimos de milímetro de acordo com a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ que se encontra no ANEXO 1 deste trabalho.

O asfalto CAP 50/70 é fornecido à granel líquido aquecido, em carreta-tanque com revestimento isotérmico e sistema de aquecimento com maçarico, por óleo térmico ou vapor. No caso de estudo, o mesmo é aquecido pelo método maçarico.

São enquadrados pela Organização das Nações Unidas - ONU: (3257), substância de risco: (9) e subclasse de risco: Não Especificadas - NE: substâncias líquidas que apresentam risco ao meio ambiente. Em sua Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ nos traz sua composição: Hidrocarbonetos ou Betume/asfalto com concentração de enxofre total: máx. 5,0% (p/p); concentração de nitrogênio total: máx. 1,0% (p/p); concentração de oxigênio total: máx. 1,0% (p/p).

2.10.2 Pó de pedra e brita zero

O pó de pedra e a brita zero são os agregados utilizados na mistura para produção do asfalto na usina de estudo. São retirados da estocagem através da utilização de pá carregadora, que faz o transporte direto para os silos da usina. Ali os materiais são depositados, cada um no seu silo, e assim são misturados automaticamente ao processo de usinagem.

Nesse processo há emissão de poeira mineral. Sob a denominação de material particulado - MP, se encontra uma classe de poluentes constituídas de poeiras, fumaças e todo o tipo de material sólido e líquido que, devido ao pequeno tamanho, mantém-se suspenso na atmosfera (KEMERICH et al., 2014).

Os agregados são adquiridos de fornecedores externos pertencentes ao comércio local.

A Lei 8.666/93 determina que as modalidades comuns de compras são:

- concorrência: os interessados se inscrevem na etapa de habilitação preliminar e comprovam ter os requisitos mínimos de qualificação especificados no edital;
- tomada de preço: os inscritos na licitação que cumprirem as exigências até o terceiro dia antes do recebimento das propostas passam por essa etapa;
- convite: as empresas do segmento especificado em edital são solicitadas a participar, independentemente de cadastro. É preciso, no mínimo, contar com três integrantes por unidade administrativa, que afixará em local adequado uma cópia da convocação e ampliará o interesse aos demais que se manifestarem em 24 horas;

- concurso: os interessados em executar trabalho científico, técnico ou artístico se inscrevem para concorrer a prêmios ou remuneração;
- leilão: os interessados na venda de bens móveis inservíveis ou produtos legalmente penhorados ou apreendidos podem se inscrever nessa modalidade, e ganha quem oferecer um lance igual ou maior que o valor da avaliação, desde que seja a quantia mais alta indicada.

Para evitar a demora em casos de urgência e imprevistos, a administração ainda tem outros recursos excepcionais que pode utilizar. Um deles é a compra direta, que desobriga a licitação, mas exige alguns critérios, como o registro do fornecedor no cadastro específico - CADFOR. Já a compra por dispensa de licitação é utilizada em caso de:

- emergência;
- licitação frustrada por fraude ou abuso de poder econômico;
- dispensa para contratar entidades da administração pública;
- intervenção no domínio econômico;
- contratação de pequeno valor;
- ausência de interessados;
- dispensa para complementação de contratos;
- gêneros perecíveis;
- imóvel para a administração.

Por fim, ainda há as compras por suprimento individual, que são aquelas realizadas em caso de calamidade pública ou emergência. Nessas situações, a aquisição é feita e, posteriormente, o secretário presta contas do valor empregado. Na Secretaria de Obras e Pavimentação - SMOP de Pelotas, o processo ocorre conforme exigências legais, e em casos de urgência é utilizado o método por suprimento individual, no caso dos agregados (areia e pé de brita). No caso do CAP, este é adquirido através de licitação, devido ao valor das cargas e fornecimento ser apenas direto da refinaria.

3 Ferramentas de gestão de riscos

De acordo com Kerzner (2001) a primeira etapa para a identificação dos riscos é a detecção das áreas potenciais de risco, sendo que através da eficácia desta identificação se obtém a eficiência na gestão. A falha no gerenciamento de risco ou a não aplicação das técnicas de gestão resultam em acidentes, que afetam diretamente o sistema, seja através de danos à máquina e/ou ao trabalhador, ou em prejuízos financeiros.

A utilização de ferramentas de gestão no local do estudo, servirá para evidenciar algumas falhas ocorridas durante os processos que compõem a fabricação de CBUQ, corroborando com o trabalho de Fagnani *et al.* (2009), onde buscou-se a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental, segundo a NBR ISO 14001, realizando um diagnóstico ambiental em uma Usina de Asfalto, com o levantamento de aspectos e impactos ambientais. Entre os aspectos discutidos, estavam também os de caráter administrativo, organizacional e operacionais, de saúde e segurança ocupacional e assim como Fagnani *et al.* (2009), observa-se com base na aplicação das ferramentas de gestão de riscos utilizadas nesse trabalho, problemas relativos a mudanças organizacionais, treinamentos e da cultura organizacional. Nesse caso, tratando-se de empresa pública, o caráter organizacional acaba tendo grande relevância na busca de soluções.

O mesmo trabalho traz a importância do monitoramento da poluição atmosférica, com emissão de particulados e gases; a ausência de um sistema de tratamento de efluentes líquidos; a poluição sonora, a ausência de um gerenciamento de resíduos sólidos, assuntos que estão no plano de ação proposto nesse trabalho para o local de estudo, que com a aplicação das ferramentas APR e Diagrama de Ishikawa, foram possíveis de serem identificados.

Ao encontro do mesmo tema, relacionado à gestão de riscos, em 2009, o organismo ISO publicou a norma internacional ISO 31000, genericamente aplicável ao gerenciamento de todas as formas de risco em qualquer contexto industrial (PURDY, 2010). Na realidade, a gestão de riscos se associa cada vez mais a ambos os aspectos positivos e negativos das atividades, buscando maximizar o primeiro e anular ou diminuir o segundo (FERMA, 2003).

Rosa e Toledo (2015) ressaltam que a norma ISO 31000 se limita a princípios e recomendações para a estruturação do processo de gestão de risco, não

estabelecendo propriamente um modelo de sistema de gestão de riscos. Talvez o que justifique tal precaução ou impossibilidade seja, na realidade, uma condição da própria indissociabilidade, não permitindo tratar completamente e de forma isolada o processo de gestão de risco desvinculado de um contexto, tanto em termos de disciplina à qual se refere (qualidade, meio ambiente, saúde e segurança etc.) quanto da própria organização à qual a norma seja aplicada. Por isso o presente trabalho, além da análise dos riscos, preocupou-se em interferir de maneira positiva nos processos de produção de asfalto, através da padronização das atividades com a elaboração dos POPs, bem como, com a confecção de Planos de Ação, tanto para questões ambientais, quanto ocupacionais e administrativas, o que reafirma a importância da gestão de riscos de forma geral nos processos de gestão.

3.1 Análise preliminar de riscos - APR

Segundo Andrade (2018), a Análise Preliminar de Risco - APR é uma ferramenta de análise e gerenciamento de risco que consiste em um estudo realizado de forma detalhada e antecipada à aplicação do processo. Tem como objetivo identificar os riscos corridos durante a realização de um determinado trabalho. Através da APR é possível detectar e corrigir problemas previamente, promovendo um ambiente mais seguro para todos os colaboradores. Para realizar uma APR, os seguintes passos devem ser seguidos:

1. Identificar os perigos do trabalho;
2. Identificar de riscos do trabalho;
3. Listar as causas de cada um dos riscos;
4. Identificar quem/o que está sujeito a esses riscos;
5. Estimar os possíveis efeitos gerados pelo risco;
6. Realizar análise qualitativa;
7. Implementar medidas de controle e prevenção.

A APR é uma técnica de identificação de perigos e análise de riscos que consiste em identificar eventos perigosos, causas e consequências e estabelecer medidas de controle (CARDELLA, 2013).

Várias são as ferramentas de análise de riscos, porém neste trabalho foi utilizada a técnica APR para levantamentos dos riscos presentes nas etapas do processo de fabricação de misturas asfálticas a quente.

O método de Análise Preliminar de Risco - APR, segundo Cardella (2013) segue os seguintes passos:

- a) Descrever o objeto de estudo, fazendo a subdivisão que se julgar adequada. Se o objeto for um processo, poderá estabelecer o diagrama de funções e analisar cada fase;
- b) Selecionar um elemento do objeto;
- c) Selecionar um evento perigoso ou indesejável;
- d) Identificar as causas possíveis do evento;
- e) Identificar as consequências do evento;
- f) Estabelecer medidas de controle de risco e de controle de emergências;
- g) Repetir o processo para outros eventos perigosos;
- h) Selecionar outro elemento do objeto e repetir o processo.

A APR é uma boa ferramenta para identificar e recomendar, mas não para controlar diretamente os riscos. As medidas recomendadas na APR são controladas mais facilmente por uma lista de verificação que pelo próprio formulário da APR (CARDELLA, 2013). Devido a isso o uso de outras ferramentas se faz importante. Este mesmo autor menciona que a avaliação do risco compreende além da análise da frequência e da consequência do evento perigoso.

Também conhecida como *Preliminary Hazard Analysis* – PHA em geral é a primeira técnica aplicada durante a análise de riscos de sistemas em fase de concepção e/ou projeto, principalmente quanto ao uso de novas tecnologias que necessitam de maiores e melhores informações sobre os seus riscos (GOMES; MATTIODA, 2011).

Para Tavares (2012), na análise preliminar de riscos efetua-se uma revisão geral de aspectos de segurança em um formato padrão, com a caracterização dos riscos para a priorização das ações. Assim, quanto mais prejudicial ou maior for o risco, mais rapidamente deve ser solucionado.

3.1.1 Etapas da APR

O processo da gestão de riscos é composto pelas funções identificar e avaliar os perigos, comparar com risco tolerado e tratar (CARDELLA, 2013). Para isso é importante levantar as operações unitárias/tarefas e com isso identificar os perigos e riscos associados e então realizar um checklist para posterior uso no Quadro 7.

Assim, a Análise Preliminar de Risco - APR busca avaliar os riscos operacionais que poderão surgir, baseado em uma análise durante e no desenvolvimento do projeto (TAVARES, 2004 apud FRUHAUF; CAMPOS; HUPPES, 2005).

Para que na APR seja feita a priorização das ações que são mais prejudiciais e com maior risco, destaca-se a primeira etapa da metodologia, no Quadro 4, onde elenca-se o grau das severidades das possíveis consequências de uma linha de produção com possibilidade de acidentes.

Quadro 4 - Gravidade/Severidade

CATEGORIA	NOME	CARACTERÍSTICAS
I	DESPRESÍVEL	Não degrada o sistema nem seu funcionamento. Não ameaça os recursos humanos.
II	MARGINAL	Degradação moderada com danos menores. Não causa lesões. É compensável ou controlável.
III	CRÍTICA	Degradação crítica com lesões. Dano substancial. Apresenta risco e necessita de ações corretivas imediatas.
IV	CATASTRÓFICA	Séria degradação do sistema. Perda do sistema, morte e lesões.

Fonte: Fruhauf, Campos e Huppess (2005).

Já em relação às categorias de risco referentes a frequência, Queiroz (2013) apresenta os cinco níveis da categoria, descritos na Quadro 5.

Quadro 5 - Caracterização dos Riscos (Frequência/Probabilidade)

CATEGORIA DE FREQUÊNCIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
E	FREQUENTE	Esperado ocorrer muitas vezes
D	PROVÁVEL	Esperado ocorrer mais de uma vez
C	POUCO PROVÁVEL	Possível ocorrer mais de uma vez
B	REMOTA	Não esperado ocorrer, apesar de haver referências históricas.
A	EXTREMAMENTE REMOTA	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável

Fonte: Queiroz (2013).

Ao se realizar as categorizações com o quadro 4 (Severidade) e o quadro 5 (Frequência), se cruza as informações, apresentando a matriz para avaliação qualitativa de risco dos perigos identificados, conforme o Quadro 6 apresentado por Queiroz (2013).

Quadro 6 - Matriz dos Riscos

SEVERIDADE	IV	M	M	NT	NT	NT
	III	T	M	M	NT	NT
	II	T	T	M	M	M
	I	T	T	T	T	M
		A	B	C	D	E
FREQUÊNCIA						

Fonte: Queiroz (2013).

Para obter os índices de riscos e os níveis de ações necessárias, se cruza na matriz a severidade e a frequência, encontrando os níveis dos riscos. Os significados de cada categoria de risco descritos no quadro 7, apresentado por Queiroz (2013) são Risco Não Tolerável representado pela sigla NT, Risco Moderado representado pela sigla M e Risco Tolerável representado pela sigla T. Desta forma, a sigla obtida deverá ser utilizada no quadro 8 para obtenção dos resultados e recomendações (FARIA, 2011).

Quadro 7 - Descrição dos níveis de risco

NÍVEL DE RISCO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
NT	NÃO TOLERÁVEL	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
M	MODERADO	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
T	TOLERÁVEL	Não há necessidade de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.

Fonte: Queiroz (2013).

Quadro 8 - Modelo de APR utilizada

Análise Preliminar de Riscos - APR						
PROCESSO:						
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DANO/PERIGO			AVALIAÇÃO DE RISCO			NÍVEL DE AÇÃO
PERIGO	PROVÁVEIS CAUSAS	DANO	GRAV	PROB	CR	

Fonte: Autora adaptado de Cardella (2013).

Legenda:

GRAV/SEV: Gravidade/Severidade

I Desprezível II Marginal III Crítica IV Catastrófica

FRE/PROB: frequência ou probabilidade

A Extremamente remota B Remota C Pouco Provável D Provável E Frequente

CR: categoria de risco

Não Tolerável (NT), Risco Moderado (M) e Risco Tolerável (T).

Neste contexto, conforme a APR utilizada são considerados riscos os agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes, que possam causar danos à saúde do trabalhador, em razão de sua natureza, e/ou concentração, e/ou intensidade e/ou tempo de exposição a este agente. Riscos físicos são os agentes de risco que normalmente necessitam de uma fonte de transmissão (geralmente o ar) para se propagar. Esses agentes têm capacidade de alterar o ambiente físico do local, sendo nocivos e podendo gerar lesões crônicas (KAUCTZ *et al.*, 2017 apud ROCHA, 2011).

Os agentes físicos são as diversas formas de energia as quais os trabalhadores estão expostos, geralmente subdivididos em: ruídos, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas (calor e frio), radiações ionizantes e não ionizantes, bem como o ultrassom e o infrassom (SALIBA; CORRÊA, 2015).

Já os riscos químicos, de acordo com Denardi Jr. (2015), são riscos causados por substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho que poderão entrar em contato com o corpo humano interagindo em ação localizada ou generalizada. Os riscos químicos são substâncias em forma de: gases, vapores, aerodispersóides e líquidos. As vias de ingresso dos agentes químicos podem se dar pela pele, pela via digestiva, e principalmente pelos pulmões.

Os riscos biológicos ocorrem por meio de fungos, algas, vírus, bactérias e vermes, sendo que a transmissão aos trabalhadores ocorre através do contato, inalação, pela ingestão de água contaminada, entre outros (SALIBA; CORRÊA, 2015).

São considerados riscos ergonômicos: esforço físico, levantamento de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, situação de estresse, trabalhos em período noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade, imposição de rotina intensa (ODA; ÁVILA, 1998.) Na categoria de riscos de acidentes destaca-se aqueles decorrentes das situações adversas nos ambientes e nos processos de trabalho que envolvem arranjo físico, uso de máquinas, equipamentos e ferramentas, condições das vias de circulação, organização e asseio dos ambientes, métodos e práticas de trabalho, entre outros (SAMPAIO, 1998).

Riscos mecânicos ou de acidentes atuam em determinados pontos do ambiente de trabalho e geralmente acontece a manipulação direta pelo operador dos agentes geradores de risco, o que pode ocasionar lesões graves e imediatas (ROCHA *et al.*, 2011). Saboia (2015) cita que esses agentes são orientados pela Norma Regulamentadora 12, a qual estabelece critérios e medidas para garantir a integridade do trabalhador para a prevenção de acidentes e doenças ocasionados por máquinas e equipamentos.

Para Tavares (2012), na análise preliminar de riscos efetua-se uma revisão geral de aspectos de segurança em um formato padrão, com a caracterização dos riscos para a priorização das ações. Assim, quanto mais prejudicial ou maior for o risco, mais rapidamente deve ser solucionado.

Toda e qualquer empresa pode apresentar algum tipo de perigo tanto ao trabalhador, seja na parte física, mental ou emocional, quanto ao meio ambiente. Os danos causados podem levar a prejuízos irreparáveis. Quando relacionados aos perigos ocupacionais, podem afetar a vida do trabalhador e quantias elevadas em indenizações. Já as consequências ambientais podem gerar multas exorbitantes às organizações, e em alguns casos, a vexação do nome da empresa.

Para isso, uma análise identifica os riscos para então criar medidas de prevenção (plano de ação). Com a análise, pode-se ter posteriormente, a avaliação desses riscos. Num primeiro momento são calculados os resultados coletados e depois parte-se para a mensuração da abrangência dos riscos avaliados. Segundo Seiffert (2008), o perigo pode ser definido como uma condição determinada por características específicas de uma instalação, máquina, equipamento, operação ou

substância, que apresenta um potencial específico de causar danos ao trabalhador, ao patrimônio da organização e/ou meio ambiente. Já o risco, por sua vez, implica na probabilidade inerente de ocorrência de uma situação de perigo. É, portanto, a situação que traz consigo os riscos.

Segundo Matoski *et al.* (2013), qualquer pessoa pode estar exposta a riscos, que por sua vez podem ocasionar danos indesejados à integridade física. O risco é caracterizado como a possibilidade de ocorrência de danos. Em outras palavras risco é a probabilidade da ocorrência de eventos indesejados, conforme tabela 1. Já o Perigo, segundo Cardella (2013) é um conjunto de eventos que possuem potencial para provocar danos a pessoas ou a materiais. Para Moraes (2011), o perigo é composto de um cenário com possibilidades de provocar perdas como danos físicos ou a propriedade.

Entender a relação entre risco e perigo como causa e consequência, auxilia a deixar a ligação entre eles de forma mais clara. Quando entendemos a diferença entre risco e perigo conseguimos estabelecer as corretas ações preventivas. Essas ações devem estar focadas na eliminação do perigo, levando em consideração os riscos das atividades desempenhadas pelos trabalhadores durante a execução das tarefas.

Os danos, segundo Matoski *et al.* (2013), podem ser materiais ou a pessoas e podem possuir classificações como danos baixos ou altos, tudo isso irá depender da intensidade. Para Cardella (2013), dano é a concretização da exposição de um agente ou causa agressora sem a proteção adequada. Essa exposição indica uma ruptura nos sistemas de controle que possui o objetivo de evitar o dano.

A importância de uma análise detalhada e minuciosa faz com que a minimização ou redução dos riscos sejam planejadas e a determinação de ações sejam realizadas através de um Plano de Ação - PA.

Segundo Cardella (2013), no sistema de gestão a intervenção consiste em estabelecer políticas, emitir diretrizes, programas e instrumentos permanentes de controle de risco, implantar instrumentos organizacionais, propor normas e procedimentos e fazer auditorias e para o mesmo autor, análise é a divisão de um todo em partes e o estudo minucioso das mesmas.

3.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de causa e efeito, conforme Araújo (2006), também conhecido como diagrama de Ishikawa (criado em 1943 por Kaoru Ishikawa), espinha de peixe, ou 6 Ms é uma representação gráfica de relacionamento entre um efeito (problema ou não-conformidade) e sua causa potencial (Quadro 9). É bastante utilizado quando se necessita identificar e explorar as causas possíveis de um problema ou fatores que afetam um processo; bem como classificá-los por categorias.

Este diagrama é a maneira organizada de correlacionar um efeito com suas causas, ao dividi-las em conjuntos de causas tais como matéria-prima, máquina, medida, medida, meio ambiente, mão-de-obra e método. Utilizando-se um grupo de pessoas, pode-se assim levantar todas as causas que provocam o efeito em análise. Assim pode-se ter muitas causas para cada efeito. Segundo Cruz (2002) processo é a forma pela qual um conjunto de atividades cria, trabalha ou transforma insumos (entradas), agregando-lhes valor, com a finalidade de produzir bens ou serviços com qualidade, para serem entregues a clientes (saídas), sejam eles internos ou externos. Para uma melhor compreensão e visualização do efeito e das causas, no diagrama, o efeito é colocado na “cabeça do peixe” e as causas são colocadas nas “espinhas do peixe” principais e secundárias, conforme mostra a Figura 10.

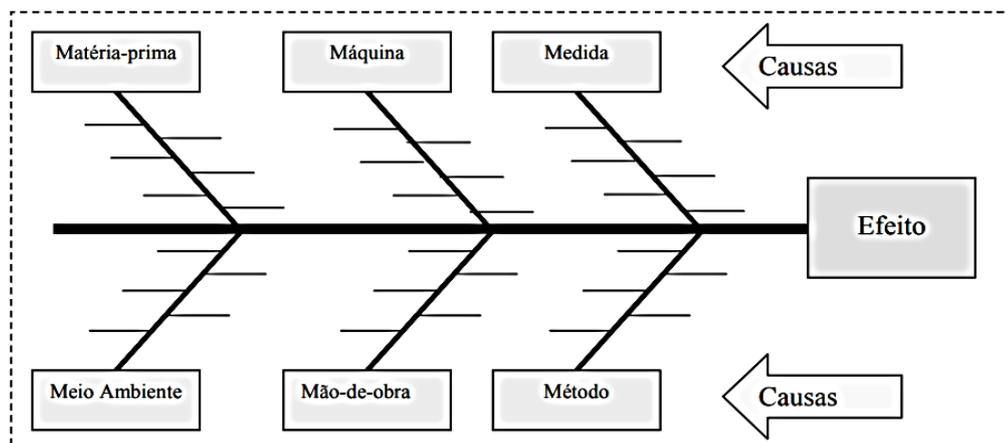


Figura 10 - Modelo de Diagrama de Ishikawa
Fonte: Danielewicz (2006).

Para Campos (2004), o processo pode ser dividido em famílias de causas, por exemplo, conforme mostra o Quadro 9:

Quadro 9 - 6 Ms – Diagrama de Ishikawa

6M	DESCRIÇÃO
MÉTODO	Procedimentos, manuais, instruções de trabalho
MATERIA PRIMA	Especificações, fornecedores, toxicidade
MÃO DE OBRA	Treinamento, motivação, habilidades
MÁQUINAS	Manutenção, proteções, condições inseguras
MEDIÇÃO	Verificação, instrumentos
MEIO AMBIENTE	Relações interpessoais, clima, sujeira

Fonte: Danielewicz (2006).

No estudo de caso, matéria prima refere-se aos agregados (areia, pó de brita e brita) e ao CAP utilizado para preparação da mistura asfáltica.

Quanto as máquinas, são a própria usina de asfalto e as demais que fazem parte dos processos: pá carregadora, motoniveladora, rolo compactador, caminhões de transporte. A usina de estudo já foi descrita no capítulo de introdução deste trabalho. Utiliza-se energia elétrica para funcionamento da usina.

O método diz respeito aos processos que fazem parte da rotina diária da SMOP, desde o recebimento dos materiais até a saída do asfalto pronto. A medição está relacionada a padronização dos processos, além dos ensaios de laboratório necessários e o controle de qualidade no recebimento das matérias primas.

Mão de obra são os próprios trabalhadores do local que executam as diversas tarefas relacionadas ao processo produtivo da usina de fabricação de asfalto e que foram alvo de estudo quanto aos riscos ocupacionais dessas atividades.

Meio ambiente é onde ocorre o processo produtivo em si e que também foi alvo de estudo quanto ao levantamento de riscos e possíveis emissões atmosféricas geradas durante os processos produtivos.

Autores como Stefanovic *et al.* (2014) e Desai, Desai e Ojode (2015) apontam que o primeiro passo é definir um problema ou seja o resultado indesejável de um trabalho. Werkema (1995 apud SILVA, 2019) também compartilha desse apontamento e descreve como demais passos: estudar e conhecer o processo envolvido através de observação, documentação, troca de ideias com pessoas envolvidas; fazer uma reunião com as pessoas envolvidas no processo e discutir o problema, sendo importante o incentivo para exposição de ideias (*brainstorming*). Segundo ele, as informações devem ser organizadas em causas principais, secundárias, terciárias, eliminando informações sem importância.

Segundo Mattos (2011), as condições de trabalho nas últimas décadas têm se constituído em um dos grandes problemas brasileiros devido ao elevado índice de ocorrência de acidente de trabalho e os processos de trabalho em uma organização precisam ser planejados para que não ocorram perdas nos ativos tangíveis e intangíveis. O mesmo autor acredita que para fazer prevenção das perdas deve-se elaborar ações sistêmicas capazes de eliminar ou mesmo controlar eventos ou falhas causadas por não conformidades ou desvios encontrados no processo e na organização do trabalho e que a gestão da segurança e saúde do trabalhador deverá fazer parte da administração da empresa e não ser tratada com acessório que precisa ser mantido apenas para cumprir legislação.

Matérias-primas são materiais básicos e necessários para a produção do produto acabado; seu consumo é proporcional ao volume de produção (DIAS, 1993).

Amorim Jr. (2013) fala que a organização é a forma de coordenar todos os recursos da empresa, sejam humanos, financeiros ou materiais, alocando-os da melhor forma segundo o planejamento estabelecido. Já segundo Araújo e Bucharles (2008), trabalhador deve ser pessoa física que assume uma obrigação pessoal de serviços, prestando trabalho, com o empregador, por força de contrato.

O autor Mattos (2011) diz que a produção de bens e serviços para satisfazer as necessidades humanas ocorre por meio da realização de atividades que, quando realizadas sem um planejamento adequado, podem acarretar riscos à saúde ou à vida do trabalhador e da população de comunidade próxima ao empreendimento e degradar o meio ambiente.

Para isso é necessário que se faça a análise nas etapas do processo, de maneira que se consiga visualizar em partes, o que é desenvolvido, em cada uma das etapas. Assim, Stefanovic *et al.* (2014) caracterizam o diagrama de causa e efeito como uma ferramenta adequada para classificar e exibir possíveis causas de um problema específico ou característica de qualidade, ou seja, identificar e organizar as causas conhecidas ou possíveis. Sua estrutura ajuda os membros da equipe a pensar de maneira sistemática. O diagrama ilustra graficamente a relação entre uma determinada saída e todos os fatores que afetam essa saída.

3.3 Procedimento operacional padrão – POP

Procedimento Operacional Padrão - POP é um instrumento de gestão da qualidade que visa a excelência na prestação do serviço, além de ser uma ferramenta dinâmica, passível de revisão, que busca profundas transformações culturais na instituição, nos aspectos técnicos e político institucionais (COLENGHI, 1997).

Segundo Kurcgant (2008), o POP consiste em descrever o procedimento realizado, e está baseado em princípios científicos e, assim, não se modifica, independente de quem o realiza.

A elaboração dos Procedimentos Operacionais Padrão serve para padronizar as técnicas executadas com frequência de modo a facilitar a comparação dos resultados entre os estudos e facilitar a reconstituição destas. Os procedimentos devem ser adaptados à medida que for necessário (para evitar a utilização de métodos ultrapassados) e devem estar disponíveis a todos no local em sua versão atual. Através da aplicação de técnicas válidas e aprovadas muitas fontes de erro sistemático podem ser evitadas (WHO, 2009).

Para Silva (2004) para elaborar um procedimento operacional é necessária uma abordagem com objetividade e a adequação de linguagem para as pessoas que executarão, facilitando o entendimento do procedimento a ser realizado.

Uma das vantagens da implantação, segundo Duarte (2005) é fazer com que pessoas que executam a mesma tarefa façam de forma inalterável, ou seja, qualquer pessoa treinada e apta a interpretar o POP irá exercer tal tarefa sempre da mesma forma.

Um POP se diferencia de uma rotina convencional, pois deve apresentar uma estrutura mínima, composta por definição, objetivo, material utilizado, procedimento técnico, recomendações, responsabilidade e referencias (ROCHA, 2012).

3.4 Plano de ação

Um plano de ação é um documento que apresenta uma visão do plano de medidas preventivas propostas para reduzir acidentes de trabalho e a excessiva exposição aos riscos. É um plano de desenvolvimento e formação dos trabalhadores, que define os procedimentos para executar inspeções ou auditorias sobre a conformidade dos requisitos exigidos pela legislação vigente (CLIVATTI, 2019).

Plano de ação de controle de riscos é um conjunto de ações que alteram valores de variáveis manipuladas. É um instrumento de intervenção e depende da

dimensão dos riscos dos sistemas e das organizações envolvidas para se saber se é simples ou complexo (CARDELLA, 2013).

- Os danos decorrem da relação agente agressivo x alvo.

a) Controle no agente

- Eliminar a fonte ou reduzir a quantidade de energia agressiva.
- Reduzir a potência das fontes contribuintes.
- Reduzir a nocividade dos agentes nocivos.
- Reduzir a frequência de falhas.
- Combater agentes agressivos.
- Reduzir a ação de agentes promotores.

b) Controle no alvo

- Reduzir a susceptibilidade por seleção.
- Reduzir a vulnerabilidade por seleção, projeto ou construção.
- Aumentar a capacidade dos sistemas de defesa dos alvos.

c) Controle na exposição

- Distâncias adequadas para que alvos se situem em pontos onde a agressividade do agente é reduzida.
- Sistemas de proteção coletiva e individual.
- Sistemas de isolamento.
- Alarmes sonoros, visuais e olfativos com inclusão de treinamento.
- Redução da frequência de entrada de alvos no campo de ação dos agentes.

- Os danos e perdas decorrem de falhas nos sistemas que compõem a organização.

Pode-se conceber um sistema de controle de riscos no qual o controlador atue sobre os sistemas de controle das variáveis organizacionais e operacionais.

Entre as variáveis organizacionais do sistema de gestão estão: política, diretrizes, programas, projetos, normas, procedimentos e boas práticas de trabalho; de cultura estão: valores, crenças, afetos, rituais; e de liderança: postura, empenho, comportamento. Entre as variáveis operacionais relativas ao homem: constituição e número, habilidade, conhecimento, criatividade e experiência; relativas aos equipamentos: desempenho, confiabilidade, funções; relativas aos processos e

procedimentos: relações entre funções e tipos de matérias-primas, temperatura e pressão (CARDELLA, 2013).

4 Material e métodos

Neste capítulo foi descrito a metodologia adotada para o trabalho, que visou realizar uma análise dos riscos ambientais e ocupacionais no processo de produção da mistura asfáltica do tipo CBUQ na usina de asfalto de Pelotas/RS, sendo a mesma uma usina por batelada.

O local, objeto deste estudo, encontra-se no Município de Pelotas, Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, sendo a Usina localizada próxima ao Porto desta cidade, zona a qual se intercala entre a zona industrial e a urbana, predominantemente urbana (Figura 11). Ocupa uma área em torno de 8.800m², dividida em portaria, escritório, oficina de manutenção, almoxarifado, área de abastecimento, área de estocagem de materiais e localização da usina (pátio externo).

A figura 11 mostra a localização da usina de estudo em relação ao seu redor. Na figura 12 a imagem da usina e na figura 13 um layout muito semelhante ao local de estudo.

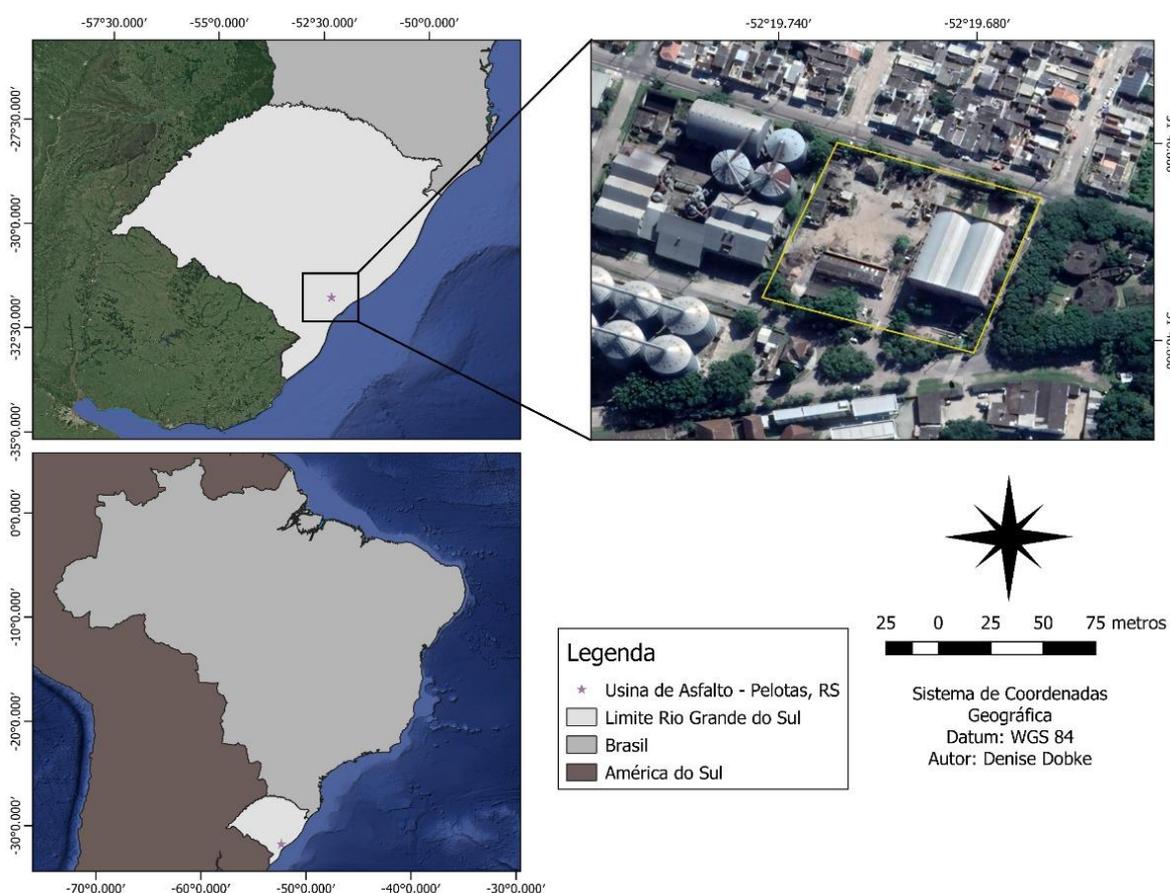


Figura 11 - Localização da Usina de estudo
Fonte: Google Earth (2021).



Figura 12 - Usina de asfalto do estudo
Fonte: Autora.

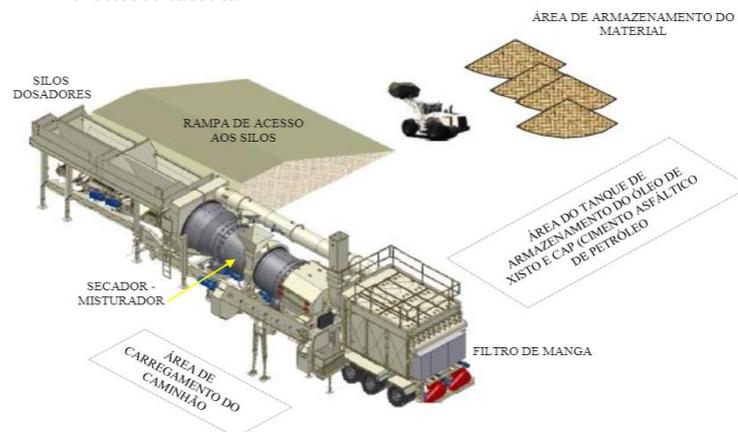


Figura 13 - Layout de um processo de usinagem de asfalto
Fonte: Terex (2011).

Podemos descrever os processos realizados na usina de produção de asfalto da SMOP, separando-os em três grupos: processos relacionados aos insumos, a usinagem e administrativo. O processo relacionado aos insumos subdivide-se em: aquisição de agregados, do CAP e de emulsão. Já o processo relacionado a usinagem subdivide-se de maneira geral em três etapas: a usina propriamente dita, as máquinas e equipamentos de apoio e os trabalhadores. Já a parte administrativa refere-se ao secretário da pasta, a gestão pública e as fiscalizações sofridas pelos órgãos competentes, no que tange as questões ambientais e ocupacionais.

A aplicação das ferramentas de gestão nesse trabalho, foram pensadas de maneira a englobar os processos que contém um grau de risco maior ou os que influenciam diretamente na graduação de riscos.

Por isso, a aplicação das APR foi realizada em etapas específicas dos processos. As etapas escolhidas foram determinadas por serem: de fácil, rápido, amplo conhecimento, eficiente e eficaz. Com isso as atividades que se enquadram foram quatro: agregados, operação, manutenção e descarga de material.

Primeiramente fez-se o Diagrama de Ishikawa baseado nos processos de cada operação para melhor visualização concomitantemente a metodologia de Andrade (2018) e Cardella (2013) da APR do qual ficou mais restrita aos riscos das atividades.

O trabalho foi realizado visualizando-se os processos diários de atividades executadas no fluxo produtivo da SMOP de Pelotas/RS, na produção de asfalto com a usina automatizada. Também foi realizado reuniões e *brainstorming*.

Com as inspeções diárias, foram sendo analisadas as etapas dos processos separadamente para que, com os dados levantados em campo, fosse possível elaborar uma análise de riscos com as ferramentas APR e Diagrama de Ishikawa. A metodologia da APR foi uma compilação dos métodos implantados por Cardella (2013), Fruhauf, Campos e Huppés (2005) e Queiroz (2013). Chegando-se no quadro de Análise Preliminar de Riscos – APR utilizada nesse trabalho.

Assim se levantou de cada operação unitária:

- a) Descrever o objeto de estudo, fazendo a subdivisão que se julgar adequada. Se o objeto for um processo, poderá estabelecer o diagrama de funções e analisar cada fase;
- b) Selecionar um elemento do objeto;
- c) Selecionar um evento perigoso ou indesejável;
- d) Identificar as causas possíveis do evento;
- e) Identificar as consequências do evento;
- f) Estabelecer medidas de controle de risco e de controle de emergências;
- g) Repetir o processo para outros eventos perigosos;
- h) Selecionar outro elemento do objeto e repetir o processo.

Além de:

- i) Identificar os perigos do trabalho e ambiente;
- j) Identificar de riscos do trabalho e ambiente;
- k) Listar as causas de cada um dos riscos;
- l) Identificar quem/o que está sujeito a esses riscos;
- m) Estimar os possíveis efeitos gerados pelo risco;
- n) Realizar análise qualitativa;
- o) Implementar medidas de controle e prevenção.

Após isso para uma questão de normalização preencheu-se o documento da Quadro 8 e fez-se uso dos quadros de 4 a 6 para elaborar a APR.

Já o Diagrama de Ishikawa foi utilizado o modelo de espinha de peixe proposto por Danielewicz (2006) baseando-se nas etapas citadas por Campos (2004). A estrutura definida para o trabalho é baseada no diagrama em formato de espinha de peixe, onde cada etapa relacionada em um tópico, é ainda subdividida, apresentando-se assim, as falhas durante a execução dos processos e que acarretam um resultado, este que fica na ponta da análise (cabeça do peixe).

Partindo dos dados levantados em campo e realizadas as APR e Diagramas de cada processo escolhido para o trabalho, realizou-se a confecção dos Procedimentos Operacionais Padrão – POP. Os POPs seguiram os passos indicados conforme Vieira Filho (2010).

Os quatro (04) POPs do processo de usinagem elaborados tiveram como base as atividades dos trabalhadores envolvidos, não sendo reproduzido de outras organizações ou livros, conforme destacou Gourevitch e Morris (2008).

Baseado nos dados obtidos e nas informações analisadas, foi construído um Plano de Ação. Conforme a atualização da Norma Regulamentadora - NR 1 em 2019 após a avaliação, os riscos ocupacionais devem ser classificados, para fins de identificar a necessidade de adoção de medidas de prevenção e elaboração do plano de ação. O modelo de plano de ação foi criado pela autora do trabalho, baseando-se na NR 1 e no modelo 5W2H e objetivando os desafios relatados para um plano de ação eficaz: Obter o comprometimento da administração, gerentes de unidades de trabalho e trabalhadores; assegurar a efetiva participação dos trabalhadores e dispor dos recursos e competências necessários (FUNDACENTRO, 2021).

A ferramenta 5W2H atua como suporte no processo estratégico, pois conforme Meira (2003), esta permite, de uma forma simples, garantir que as informações básicas e mais fundamentais sejam claramente definidas e as ações propostas sejam minuciosas, porém simplificadas. No modelo utilizado no trabalho, a ferramenta como era conhecida primeiramente, 5W1H, onde os custos não eram levados em consideração. Nesse caso do estudo, os custos são relevantes, mas por se tratar de empresa pública e ter suas especificidades, não foi utilizado o parâmetro custo no Plano de Ação.

A Figura 14 ilustra a metodologia utilizada nesse trabalho.

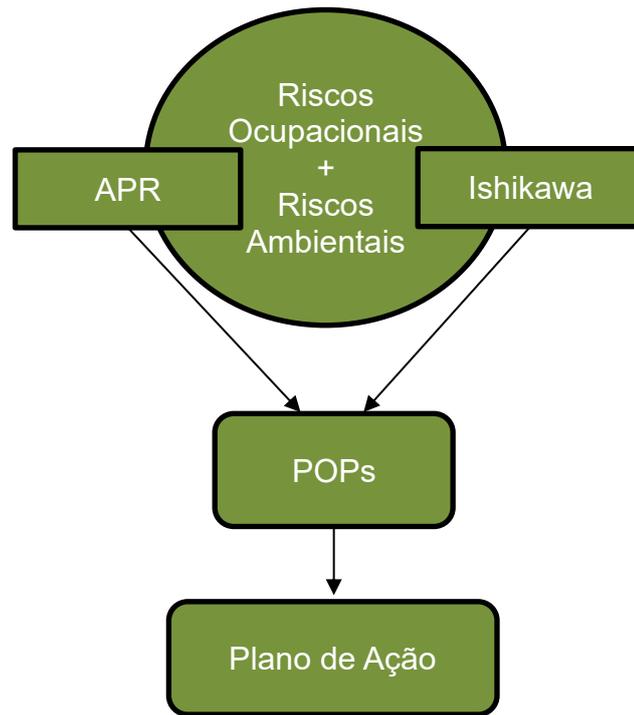


Figura 14 - Metodologia
Fonte: Autora.

5 Resultados e discussão

5.1 Emprego da ferramenta de gestão de riscos: análise preliminar de riscos - APR

Optou-se pela aplicação em etapas específicas do processo de fabricação de asfalto através da usina automatizada. Portanto, o emprego da ferramenta de análise de riscos Análise Preliminar de Riscos nesse trabalho, foi realizada nas seguintes atividades: Agregados (1), Operação da usina (2), Manutenção da usina (3) e Descarga do asfalto (4).

5.1.1 Agregados

A primeira APR, no Quadro 10, apresenta as análises realizadas no processo de agregados que são utilizados na fabricação do asfalto.

Na Figura 15 é representado um fluxo do processo dos agregados, desde a chegada (através de fornecedores) até a estocagem no local para posterior utilização no processo.

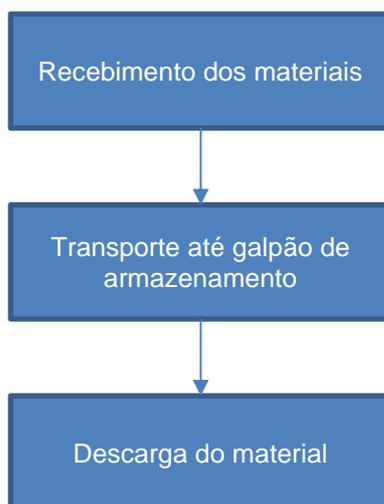


Figura 15 - Fluxo dos agregados
Fonte: Autora.

O recebimento dos materiais, na guarita de entrada da SMOP é realizado pelo setor de portaria. Nesse momento os fornecedores chegam com caminhões carregados com os materiais e entregam a nota fiscal que descreve o material e a quantidade. Não há no local uma balança para conferência, bastando ao recebedor, apenas assinar a nota e o recibo com a descrição do material entregue. O mesmo

deveria realizar a pesagem do caminhão para entrada na área da usina, e uma nova pesagem na sua saída. Com esses dados, seria possível o conhecimento da variação da massa nos dois momentos, pois isso equivale ao peso do material recebido. Seria uma maneira de conferência em relação ao material recebido do fornecedor.

Após a liberação para entrada, o motorista do caminhão que está com o material (seja areia, seja pó de brita ou brita) adentra ao pátio e se desloca até o galpão onde ocorre o armazenamento dos materiais.

A área de armazenagem dos agregados é um galpão, sem revestimento e composto de janelas sem vidros e no momento está sem o portão, o que pode causar uma variação de umidade pois são materiais higroscópicos. No local há circulação de trabalhadores e dos caminhões da secretaria, da pá carregadora e dos demais equipamentos que fazem parte do processo (rolo compactador, motoniveladora).

Nesta área há exposição a poeira mineral devido a movimentação dos materiais por equipamentos pesados e no momento de a pá carregadora realizar o abastecimento da usina, acaba gerando muita poeira, oriunda dos materiais.

E a qualidade do produto pode ser comprometida pela falta de divisórias ou anteparos e assim a falta de padronização no local de armazenagem, por não possuir piso, acabam misturando-se.

Além da poeira, o local possui grande risco de acidentes com atropelamentos, pois os trabalhadores que atuam na usina e a pá-carregadora que abastece os silos também transitam pela área e os próprios caminhões da Secretaria de Obras, os quais realizam o transporte do asfalto para o trecho de aplicação. Esse movimento dos equipamentos gera a possibilidade da ocorrência de uma colisão ou até mesmo atropelamento, visto não haver sinalização sonora de ré nas máquinas, nem mesmo o caminho seguro demarcado no local.

A questão de os agregados serem adquiridos e não possuir um método de controle de qualidade padronizado, por exemplo em relação as características físicas dos materiais, na armazenagem, os mesmos ficam expostos as intempéries e isso pode influenciar diretamente nas emissões atmosféricas durante o processo produtivo da usina, pois acarretam mudanças diretas no processo de produção, muitas vezes gerando o que se chama popularmente de fumaça na chaminé.

Conforme Florero (2014), os agregados devem estar armazenados em lugares amplos, de maneira a evitar misturas entre as pilhas de granulometria diferente; com a menor distância dos silos dosadores, permitindo agilidade na alimentação. Essa

menor distância poderia diminuir a geração de aerodispersóides. A área de armazenagem dos agregados está exposta a aerodispersóides (poeira mineral) devido a circulação de equipamentos pesados.

O ensaio inicial de granulometria será para determinar se o agregado tem o tamanho adequado solicitado, para posteriormente realizar a dosagem conforme o projeto da massa asfáltica (BERNUCCI *et al.*, 2008). O mesmo autor cita que a contaminação dos agregados com certos materiais, tornam impróprios sua utilização em revestimentos asfálticos, a menos que a quantidade desses materiais seja pequena.

A figura 16 mostra como é realizado o armazenamento dos agregados no local de estudo.



Figura 16 - Galpão de armazenamento de agregados
Fonte: Autora.

Já a Figura 17 mostra os silos dosadores carregados pelos agregados e prontos para a produção pela usina.



Figura 17 - Agregados dispostos nos silos dosadores
Fonte: Autora.

O quadro 10 é a APR realizada em relação a etapa denominada Agregados. Essa etapa inclui as análises desde o recebimento dos materiais, armazenamento e manuseio dos mesmos durante a produção de asfalto e traz os perigos levantados, as causas prováveis e os danos. A APR evidencia riscos relacionados ao meio ambiente e as atividades de trabalho, mostrando os perigos existentes e níveis de ação recomendados com base na avaliação de riscos.

Quadro 10 - APR – Etapa dos Agregados

Análise Preliminar de Riscos - APR						
PROCESSO: Agregados (1)						
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DANO/PERIGO			AVALIAÇÃO DE RISCO			NÍVEL DE AÇÃO
PERIGO	PROVÁVEIS CAUSAS	DANO	GRAV	PROB	CR	
Ruído excessivo	Circulação de máquinas e equipamentos	Perda auditiva, Desconforto ambiental	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Acidentes	Pá carregadora Circulação de equipamentos pesados Falta de sinalização visual e sonora	Fraturas, lesões, morte.	IV	D	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Acidentes	Queda de altura	Fraturas, lesões, morte.	IV	D	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Químico- Aerodispersoides (Poeira mineral)	Movimentação do material (areia, pós de pedra e/ou brita)	Irritação ocular, tosse, Silicose, poeira em casas e vizinhança	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Químico - emissão atmosférica na chaminé	Materiais com umidade excessiva devido a estocagem inadequada.	Aumento das emissões atmosféricas devido a umidade do material não estar ideal.	III	C	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Físico	Radiação não ionizante	Queimaduras solares, desidratação, câimbras, câncer de pele	III	C	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Ergonômicos	Postura inadequada, movimentação dos braços com ferramentas	Dores musculares	III	C	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
GERENCIAMENTOS NECESSÁRIOS: Plano de ação						

Legenda:

GRAV/SEV: Gravidade/Severidade

I Desprezível II Marginal III Crítica IV Catastrófica

FRE/PROB: frequência ou probabilidade

A Extremamente remota B Remota C Pouco Provável D Provável E Frequente

CR: categoria de risco

Não Tolerável (NT), Risco Moderado (M) e Risco Tolerável (T).

Conforme observado na APR, os riscos inerentes a essa etapa vão ao encontro das análises realizadas por Florero (2014) também em uma usina de produção de asfalto automatizada. As análises referentes aos processos envolvendo aos agregados, seja na estocagem, seja na movimentação, evidenciam a existência dos riscos químicos presentes nessa etapa da produção, bem como, os riscos de acidentes.

5.1.2 Operação da usina

O quadro 11, com a APR de Operação da Usina, traz os riscos associados a essa etapa.

Para início do processo de fabricação de CBUQ, primeiramente é realizado o aquecimento da picheira, que é um processo a parte da usinagem, visto que a picheira é o equipamento responsável por transportar a emulsão asfáltica que é utilizada como ligante entre a massa asfáltica e o local de aplicação. A picheira como é chamado esse caminhão de transporte, possui um tanque acoplado, onde a emulsão é armazenada. Para tanto, como a temperatura de utilização tem que estar adequada e o processo de aquecimento é demorado, a usina tem seu *setup* apenas após a picheira entrar em processo de aquecimento. Essa etapa não foi incluída, pois no trabalho focou-se no processo de usinagem.

Com a picheira em aquecimento, dá-se início ao acionamento da usina. O operador adentra a cabine de operação e aciona através de comandos o aquecimento do tambor de CAP, que fica acoplado a própria usina e já serve como depósito do material. Na usina de estudo há mais um tambor de depósito de CAP, que fica ligado a usina através de canalizações que necessitam proteção térmica devido ao calor necessário para transferência do material do tambor de armazenamento para a usina.

No conjunto composto da usina, há três silos dosadores, que servem para receber os agregados para posterior mistura da massa asfáltica.

Esses silos de agregados têm a função de dosar os materiais de acordo com o projeto preestabelecido da mistura asfáltica. São construídos em chapas de aço, em formato tronco piramidal, com capacidade de carga compatível com a produção nominal do modelo da Usina.

No mesmo momento em que a usina está em processo de aquecimento, os trabalhadores envolvidos na fabricação preparam, tanto o carregamento dos

agregados, quanto organizam o fluxo de carregamento. O processo sempre é baseado em quantidades especificadas diariamente para aplicações já estabelecidas, ou seja, antes do início do processo de produção já se tem estabelecido a quantidade fabricada naquele dia.

O operador da pá carregadora aciona o equipamento e começa a etapa de abastecimento dos agregados nos silos. O local de armazenamento dos agregados fica distante em torno de 10m onde se localizam os silos da usina e exigem manobras específicas (ré) e o acesso aos mesmos se dá através de uma rampa.

Todas essas etapas fazem parte da operação da usina, mas não são padronizadas. Na usina de estudo, os trabalhadores que realizam essas atividades, na sua maioria, possuem mais de 20 anos de trabalho no local, isso acarreta que a realização das etapas é feita grande parte, de maneira empírica. Isso não quer dizer que esteja inadequado, mas necessita de adequações para melhoria da qualidade, tanto do produto final, quanto no ambiente de trabalho.

A figura 18 mostra o fluxo dos processos durante a operação da usina.

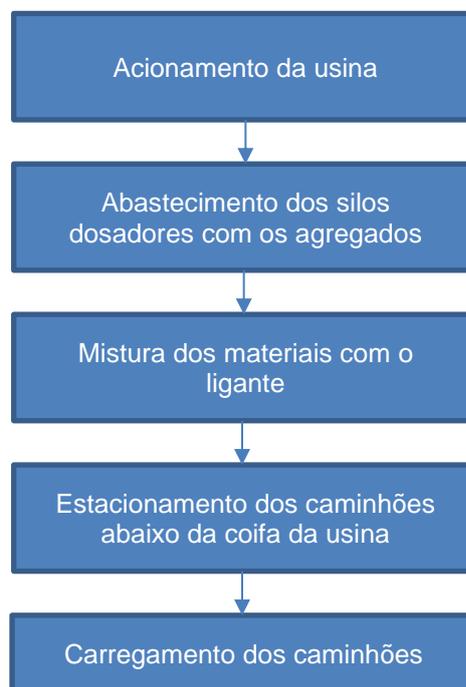


Figura 18 - Fluxo de Operação da Usina
Fonte: Autora.

Durante o processo de acionamento da usina e preparação do ambiente e materiais necessários, é observado que necessita uma padronização, evidenciada com a aplicação do Diagrama de Ishikawa mostrado no capítulo seguinte. Cabe

ressaltar que a operação da usina emite ruídos ambientais que foi analisado na APR (Quadro 11).

Para o abastecimento dos silos foram analisadas a possibilidade de atropelamento pela presença de trabalhadores na área e o tombamento do equipamento devido à rampa de acesso aos silos.

A pá carregadora utilizada no processo não possui cabine de proteção, que fica exposto ao ruído intenso durante toda execução da tarefa e possui ano de fabricação bastante ultrapassado, portanto acaba sendo mais ruidoso que os mais modernos. Com isso, o ruído é um risco do grupo físico e se torna presente em mais uma etapa do processo, além do mesmo poder se propagar pela vizinhança e causar transtornos. Já por não possuir a cabine de proteção, com o risco de tombamento, não há nenhum tipo de proteção para o operador.

O abastecimento dos silos com os agregados ocorre de maneira mecânica, através da pá carregadora, mas o controle desses materiais nos silos ocorre por um trabalhador de maneira manual. Esse controle se dá para que o processo não seja interrompido pela extrapolação ou sobrecarga de material nos silos.

O trabalhador que fica no controle da mistura desses materiais, fica exposto aos riscos de queda em altura, bem como, à poeira mineral.

O operador da usina, além dos demais trabalhadores envolvidos diretamente no processo da usinagem, ficam expostos ao ruído ambiental, emitido tanto pela usina, quanto pelo trânsito das máquinas, equipamentos e caminhões. Além da emissão atmosférica, através dos fumos de asfalto, tanto quando há a mistura dos agregados com o ligante asfáltico, o CAP, quanto no carregamento dos caminhões, pois a coifa libera a mistura de asfalto pronta diretamente nas carrocerias dos caminhões e acaba ocasionado essa emissão. Por óbvio que essa emissão pode ser propagada ao ambiente da vizinhança.

Há exposição ao sol, devido ao trabalho ser realizado à céu aberto, pois a usina encontra-se no pátio aberto e no local não há nenhum tipo de cobertura.

Conforme análises realizadas por Florero (2014), essas atividades que envolvem os processos de transporte de agregado ao silo e a operação da usina, possuem categoria de risco classificada como 6 e com prioridade de atuação alta, segundo tabela de Cardella (2013) utilizada pela autora para classificação dos riscos. A mesma afirmou a presença de emissões atmosféricas com aerodispersóides sólidos

através de poeira mineral e gases e fumos provenientes do processo de mistura e do produto acabado, corroborando com esse trabalho.

Quadro 11 - APR Etapa de operação da usina

Análise Preliminar de Riscos - APR						
PROCESSO: Operação da Usina (2)						
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DANO/PERIGO			AVALIAÇÃO DE RISCO			NÍVEL DE AÇÃO
PERIGO	PROVÁVEIS CAUSAS	DANO	GRAV	PROB	CR	
Acidente - Queda	Falta de uso de EPI em atividade realizada em altura.	Lesões, fraturas.	II	D	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Acidente - esmagamento	Partes móveis da usina (correias)	Esmagamento de membros	II	D	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Acidente – trânsito local	Atropelamento na área de produção pois não há sinalização no local	Lesões, fraturas, morte.	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos
Acidente – pá carregadora	Tombamento da pá carregadora na rampa de acesso aos silos.	Lesões, fraturas, morte.	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Químico - Aerodispersóides (poeira mineral – sílica)	Circulação dos equipamentos; descarregamento do material nos silos.	Irritação ocular, tosse, Silicose, poeira em vias e casas	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Químico - Aerodispersóides (gases, fumos e vapores orgânicos)	Exposição hidrocarbonetos aromáticos e cimento asfáltico de petróleo na usinagem de mistura asfáltica a quente.	Irritação na pele, irritação e inflamação nos olhos, tontura, sonolência, dor de cabeça, náusea, irritação do trato respiratório com tosse, dor de garganta. Dificuldade respiratória, danos aos pulmões. contém gás sulfídrico, extremamente tóxico.	IV	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Físico – Ruído	Equipamentos sem manutenção.	Doenças ocupacionais/perda auditiva	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos
Físico – temperatura elevada	Dutos de transferência da emulsão ao reservatório da usina	Queimadura	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos
Ergonômicos	Postura inadequada cabine de controle e atividades relacionadas a operação.	Lombalgias, dores na coluna e músculos.	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
GERENCIAMENTOS NECESSÁRIOS: Plano de ação						

Legenda:

GRAV/SEV: Gravidade/Severidade

I Desprezível II Marginal III Crítica IV Catastrófica

FRE/PROB: frequência ou probabilidade

A Extremamente remota B Remota C Pouco Provável D Provável E Frequente

CR: categoria de risco

Não Tolerável (NT), Risco Moderado (M) e Risco Tolerável (T).

A figura 19 mostra o momento em que a pá carregadora abastece os silos dosadores com os agregados retirados da área de armazenamento.



Figura 19 - Pá carregadora abastecendo os silos dosadores com agregados
Fonte: Autora.

A figura 20 mostra a atividade do trabalhador que realiza o controle dos materiais nos silos dosadores, para evitar que haja extrapolação na quantidade e que não ocorram paradas desnecessárias. Essa atividade gera exposição a ruído ambiental, exposição a poeira mineral e risco de acidentes com queda.

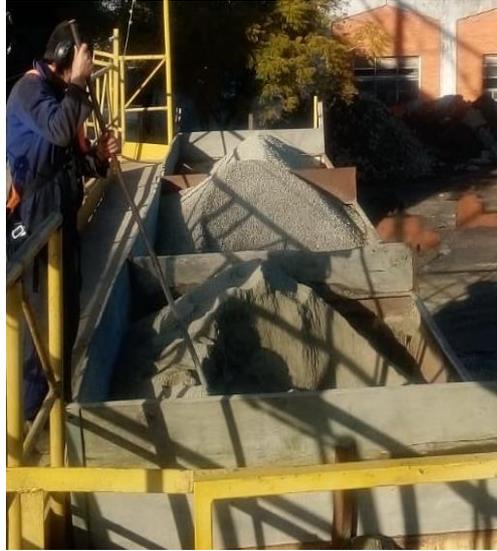


Figura 20 - Operador controlando os agregados nos silos dosadores
Fonte: Autora.

Na figura 21, fica evidenciado o risco de queda que o operário tem ao realizar o manuseio dos materiais. Por estar na plataforma de trabalho e utilizar uma pá para acomodar o material nos silos.

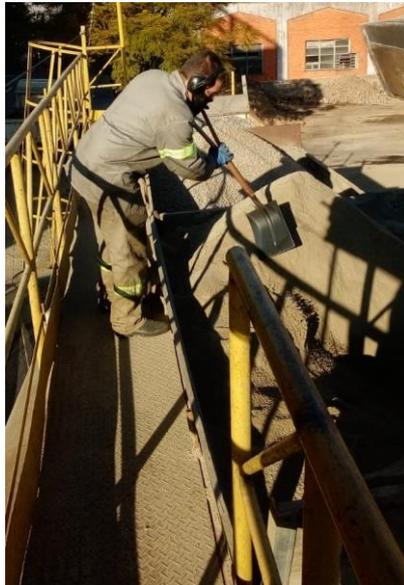


Figura 21 - Operador no manuseio dos materiais nos silos dosadores da usina
Fonte: Autora

Já a figura 22 mostra a exposição do operário a poeira mineral, pelo abastecimento dos silos com a pá carregadora. Ao mesmo tempo que realiza o manuseio dos materiais a pá descarrega os agregados nos silos. Com a movimentação do material no momento do despejo, surge a exposição a poeira.

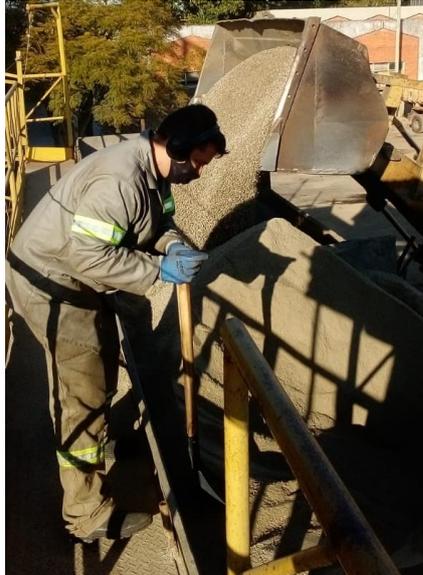


Figura 22 - Manuseio dos materiais nos silos dosadores da usina

Fonte: Autora.

5.1.3 Manutenção da usina

A APR do quadro 12 mostra a análise da etapa escolhida como manutenção da usina.

A manutenção é realizada pelos funcionários do quadro da Prefeitura, portanto não havendo terceirização desses serviços. Os mesmos não possuem cursos e treinamentos relacionados a manutenção da usina, que é realizada através dos conhecimentos adquiridos ao longo da vida laboral de alguns desses trabalhadores, que nem ao mesmo ocupam o cargo de mecânico no local. Na sua maioria são serventes, operários e auxiliares operacionais.

As manutenções ocorrem de maneira corretiva, ou seja, apenas quando surge a necessidade. Não há um plano de manutenção com periodicidade estipulada e/ou prazos. Assim como, os filtros de manga, que são os dispositivos de controle de poluição da usina, eles não são trocados periodicamente. A troca ocorre quando visualmente, a fumaça da chaminé apresenta-se com coloração diferenciada. A troca dos filtros ocorre em local que foi caracterizado como espaço confinado e o acesso a esse local, exige conhecimentos apropriados e treinamento específico para realização da atividade, o que não é atendido nesse caso. As manutenções por ocorrerem de forma corretiva acabam se dando sem condições de segurança. Há riscos de quedas, esmagamentos, lesões durante a realização.

Como Florero (2014) evidenciou os equipamentos da usina, como em qualquer outro empreendimento, requerem de manutenções preventivas, corretivas e preditivas

para seu desempenho, bom funcionamento e principalmente para prevenir qualquer acidente. E na análise realizada pela autora, a troca dos filtros de manga é realizada quando necessária, dependendo da produção da usina, nesse estudo de caso não há uma periodicidade para essa troca, necessitando de elaboração de um plano de manutenções preventivas.

Quadro 12 - APR etapa Manutenção da usina

Análise Preliminar de Riscos - APR						
PROCESSO: Manutenção da Usina (3)						
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DANO/PERIGO			AVALIAÇÃO DE RISCO			NÍVEL DE AÇÃO
PERIGO	PROVÁVEIS CAUSAS	DANO	GRAV	PROB	CR	
Acidente - Espaço confinado	Troca de filtros de manga	Lesões, cortes, desmaio, morte fratura	II	D	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Acidente - Queda de altura	Falta de uso de EPI nas manutenções em locais elevados.	Lesões, cortes, fraturas e traumatismo	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos
Acidente – queda de ferramentas	Substituição de peças.	Lesões, cortes	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Químico – Aerodispersóides (poeira mineral – sílica)	Poeira presente na usina e equipamentos e na vizinhança.	Irritação ocular, tosse, Silicose, desconforto ambiental	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
Químico - lubrificantes	Correias, silos, mancais.	Irritação na pele, nos olhos, dor de cabeça, probabilidade de danos ambientais	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Ergonômico - postura inadequada	Atividades de manutenção	Lombalgias, dores na coluna e músculos	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Físico - temperatura	Manutenção em peças quentes (dutos)	Queimadura	II	E	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Físico	Radiação ionizante - sol	Queimaduras solares, desidratação, câimbras, câncer de pele	III	C	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.

GERENCIAMENTOS NECESSÁRIOS: plano de ação

Legenda:

GRAV/SEV: Gravidade/Severidade

I Desprezível II Marginal III Crítica IV Catastrófica

FRE/PROB: frequência ou probabilidade

A Extremamente remota B Remota C Pouco Provável D Provável E Frequente

CR: categoria de risco

Não Tolerável (NT), Risco Moderado (M) e Risco Tolerável (T).

A figura 23 mostra a usina em plena operação. É possível verificar através da imagem, emissões atmosféricas nas chaminés, bem como, emissões de fumos asfálticos quando a coifa descarrega o material pronto nas carrocerias dos caminhões

de transporte. Verifica-se ainda, o posicionamento do posto de trabalho do operário que realiza o controle da disposição da carga na carroceria. O mesmo fica totalmente exposto as emissões. E é visível a possibilidade de impacto ambiental por poeira ou fumos.



Figura 23 - Usina de asfalto em produção
Fonte: Autora.

Já a figura 24 mostra a estrutura da usina. De ano de fabricação 2012 e utilização diária em torno de 4h, a mesma já apresenta sinais de deterioração na sua carcaça externa e necessidade de manutenções periódicas.

É importante salientar a necessidade de destino correto dos lubrificantes e resíduos gerados durante a manutenção para a minimização de impacto ambiental e exigência legal.



Figura 24 - Estrutura da usina de estudo
Fonte: Autora.

5.1.4 Descarga do asfalto

O quadro 13 é a APR da etapa de descarga do asfalto pronto nos caminhões que transportam para o trecho de aplicação. Como a usina do estudo é do tipo automatizada, após a mistura dos materiais e preparação da massa asfáltica, a mesma é descarregada diretamente nas carrocerias dos caminhões.

O controle se dá na cabine, onde o operador controla a quantidade de material que será carregada nos caminhões. Como no local não há uma plataforma própria de carregamento, nem balança, apenas um local estabelecido para estacionamento dos caminhões para que os mesmos fiquem abaixo da coifa da usina, o controle da disposição do material sobre a carroceria ocorre de maneira visual, por um trabalhador que fica sobre uma escada. Este posto de trabalho é bastante exposto aos fumos de asfalto. Conforme figura 26, demonstra que o trabalhador fica totalmente exposto a essas emissões durante o carregamento dos caminhões.

Assim como nas observações de Florero (2014) no processo de operação da usinagem, foi constatado a exposição de aerodispersóides, tanto de poeira mineral (silos, armazenagem) como de fumos, gases e vapores orgânicos emitidos pelo produto final.

Quadro 13 - APR Descarga do asfalto

Análise Preliminar de Riscos - APR						
PROCESSO: Descarga do asfalto (4)						
IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO DANO/PERIGO			AVALIAÇÃO DE RISCO			NIVEL DE AÇÃO
PERIGO	PROVÁVEIS CAUSAS	DANO	GRAV	PROB	CR	
Acidentes - trânsito	Caminhões sem manutenção. Inexistência de um programa de manutenção de frotas.	Fraturas, lesões, morte.	II	D	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Acidentes - com atropelamento	Trânsito no local sem sinalização.	Fraturas, lesões, morte.	III	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos
Acidente - queda de altura	Altura da caçamba para a colocação de óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas da bascula. ou para a cobertura da caçamba.	Lesões, cortes, fraturas.	II	D	M	Controles adicionais devem ser avaliados com objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementados aqueles considerados praticáveis.
Químico - Aerodispersóides (gases, fumos e vapores orgânicos)	Exposição hidrocarbonetos aromáticos e cimento asfáltico de petróleo no controle de carregamento dos caminhões.	Irritação na pele, irritação e inflamação nos olhos, tontura, sonolência, dor de cabeça, náusea, irritação do trato respiratório com tosse, dor de garganta. Dificuldade respiratória,	IV	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.

		danos aos pulmões. contém gás sulfídrico, extremamente tóxico.				
Físico - ruído	Operação da usina Máquinas e equipamentos	Perda auditiva, desconforto ambiental	IV	E	NT	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos.
GERENCIAMENTOS NECESSÁRIOS: Plano de ação						

Legenda:

GRAV/SEV: Gravidade/Severidade

I Desprezível II Marginal III Crítica IV Catastrófica

FRE/PROB: frequência ou probabilidade

A Extremamente remota B Remota C Pouco Provável D Provável E Frequente

CR: categoria de risco

Não Tolerável (NT), Risco Moderado (M) e Risco Tolerável (T).

As figuras 25 e 26 mostram o momento que a coifa da usina realiza o descarregamento do material pronto direto na carroceria do caminhão. Nesse momento há evidências de emissões de fumos de asfalto.



Figura 25 - Coifa da usina descarregando o asfalto no caminhão

Fonte: Autora.



Figura 26 - Carregamento dos caminhões
Fonte: Autora.

A figura 27 traz o posto de trabalho do operário que realiza o controle da disposição da carga na carroceria para tanto este posto de trabalho poderá ser modificado na tentativa de eliminação da exposição direta do trabalhador.



Figura 27 - Operário realizando controle da carga
Fonte: Autora.

5.2 Emprego do Diagrama de Ishikawa nas etapas analisadas

5.2.1 Agregados

Para cada etapa do processo foi realizada uma análise, através do Diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe, evidenciando as falhas e possíveis causas que

poderiam ocasionar no processo. Essas análises são mais relacionadas as falhas ocorridas na organização desses processos. Foram construídos quatro (4) diagramas que formam as análises das etapas já levantadas na APR: Agregados (1), Operação da Usina (2), Manutenção da Usina (3) e Descarga do asfalto (4).

A Figura 28 demonstra o Diagrama para etapa de Agregados (1).

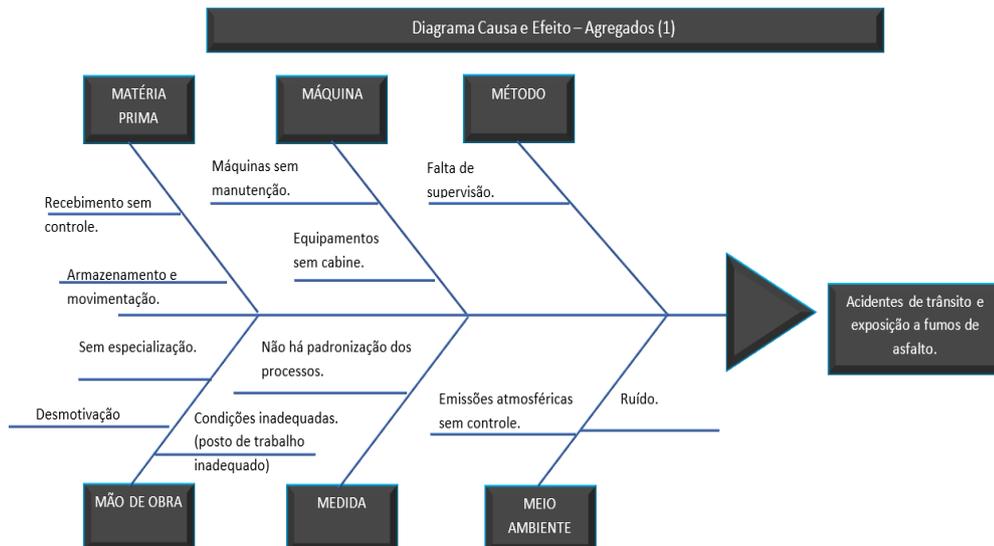


Figura 28 - Diagrama de Ishikawa no processo dos Agregados
Fonte: Autora.

Esse diagrama evidencia o que ocorre no Quadro 10, a falta de supervisão no processo de recebimento dos agregados, bem como, a inexistência de um controle de qualidade eficaz com o armazenamento dos materiais, o que torna possível a probabilidade de uma maior emissão atmosférica produzida pela usina durante a produção. Pois não há como controlar a qualidade, nem mesmo as características físicas e químicas das matérias-primas utilizadas. Com a movimentação dos materiais no local e o trânsito de máquinas acaba favorecendo a emissão de poeira mineral.

As máquinas envolvidas no processo possuem ano de fabricação avançado e portanto não são detentoras de cabine de proteção e seus motores acabam sendo mais ruidosos, devido a falta de manutenção e proteções adequadas na carcaça da máquina. Com o aumento do ruído e por não possuir cabine de proteção, os trabalhadores ficam sujeitos ao dano de perda auditiva, tanto o operador da máquina, quanto os demais que transitam pelo local. Há emissões de ruído pela própria usina e o conjunto das etapas, que formam o processo acaba tendo riscos tanto ambientais, quanto ocupacionais, visto o ruído emitido também atingir a área residencial existente logo atrás do muro de delimitação da SMOP.

Com a aplicação do diagrama é possível verificar que a padronização das etapas é algo imprescindível para que haja uma melhoria nos processos existentes atualmente. Com essa análise minuciosa, verificou-se que algumas falhas que se repetem ao longo do processo, influenciam diretamente no resultado final. Isso só foi possível com a aplicação desse ferramenta. Essa ferramenta também deixa mais claro as ações relacionadas ao meio ambiente.

5.2.2 Operação da usina

A Figura 29 apresenta o Diagrama de Ishikawa 2, referente a etapa de Operação da Usina. Nessa análise evidenciou-se a falta de um planejamento quanto as especificações de projeto, falta de supervisão e controle de qualidade.

O produto final, obtido pelo processo de fabricação, no caso do estudo é o CBUQ. Ele é utilizado em manutenções de vias públicas locais e nas operações denominadas tapa-buraco, que ocorrem na tentativa de uma solução rápida a buracos que surgem diariamente nas vias. Existem normas e padrões de projeto, tanto para mistura asfáltica conforme a aplicação desejada, quanto relacionado a maneira de execução no local. Esses parâmetros normativos devem ser seguidos nos processos da SMOP. Há necessidade de supervisão dessa etapa, com a implantação de rotinas de ensaios, verificação de treinamentos para os operários e manutenções das máquinas e equipamentos utilizados.

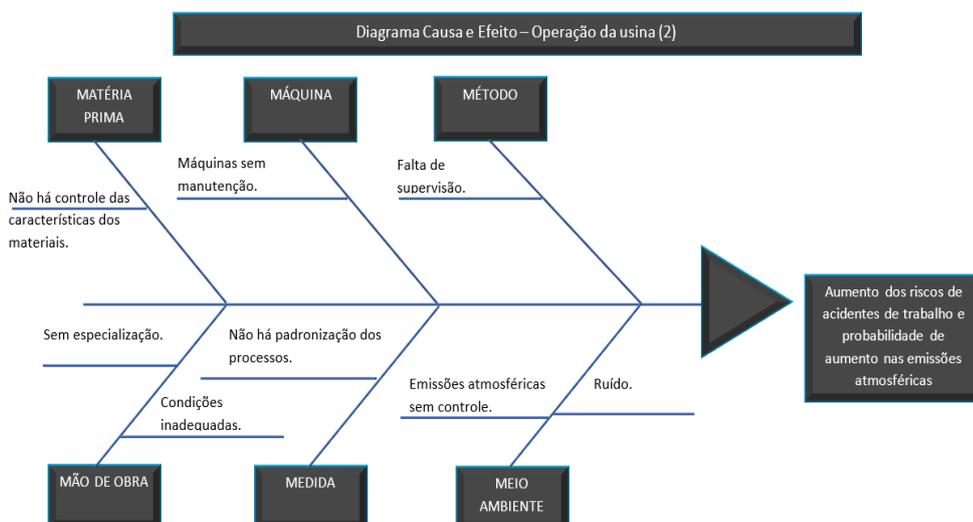


Figura 29 - Diagrama de Ishikawa do processo de operação da usina
Fonte: Autora

5.2.3 Manutenção da Usina

A figura 30 mostra o Diagrama construído para etapa de Manutenção da usina. Conforme o Quadro 12, o diagrama também faz menção a falta de especialização dos trabalhadores quanto a manutenção da usina e dos equipamentos e máquinas necessários a realização do processo, bem com a necessidade do estabelecimento de um plano de manutenção preventiva. Pois sem um plano de manutenções, o que acaba ocorrendo são as corretivas e ocasionando muitas paradas que poderiam ser evitadas.

Além disso, deveria haver um plano de gerenciamento de resíduos e um procedimento operacional de um possível vazamento de óleo e até mesmo de extravasamento da picheira e demais locais.

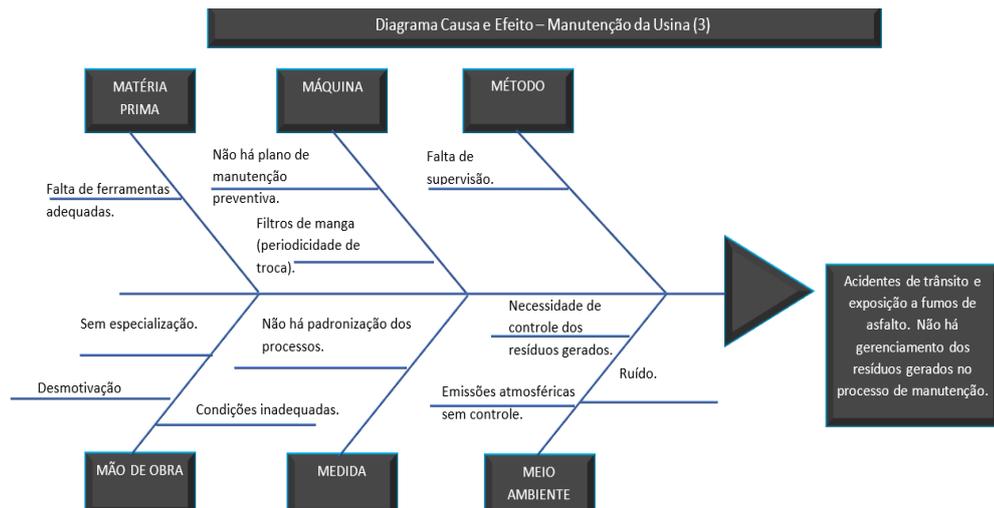


Figura 30 - Diagrama de Ishikawa do processo de manutenção da usina
Fonte: autora

5.2.4 Descarga do asfalto

Após o processo de mistura dos agregados com o ligante asfáltico - CAP realizado pela usina automatizada, a mistura asfáltica é considerada pronta. Antes da descarga do material diretamente nos caminhões, o operador verifica se a mistura ocorreu de forma completa.

Essa verificação ocorre de maneira que a pá carregadora estaciona abaixo da coifa da usina e o operador da cabine da usina realiza a descarga de pequena parte da mistura na concha da pá carregadora. Muitas vezes a massa ainda necessita de

mais tempo de usinagem, pois observa-se nesses descarregamentos que não é homogênea. Assim é denominada mistura carijó e é descartada juntamente com os demais materiais considerados descarte. Portanto, quando a massa já está em temperatura correta e totalmente homogênea os caminhões começam a receber as cargas.

Na etapa de descarga do asfalto (mistura pronta) os caminhões não possuem uma plataforma de estacionamento, apenas um local estipulado, pois a coifa da usina faz esse descarregamento da massa pronta diretamente sobre as carrocerias, de maneira automatizada.

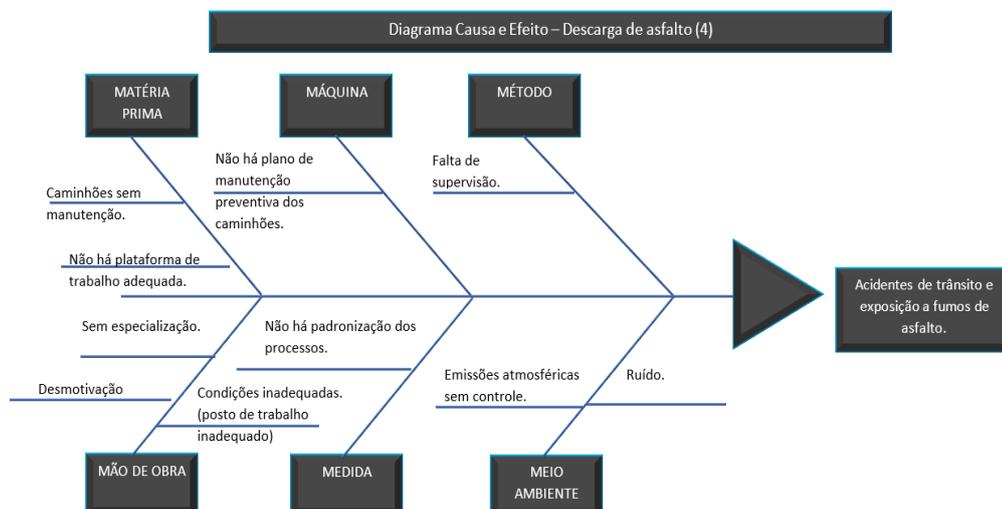


Figura 31 - Diagrama de Ishikawa do processo de descarga do material
Fonte: Autora

Observa-se com a aplicação do Diagrama de Ishikawa, que esta etapa possui algumas falhas relacionadas a supervisão, adequação de layout e novamente, necessita de padronização.

No serviço público, há grande dificuldade para serem respondidas as demandas da área de Saúde e Segurança do Trabalho - SST, porque os servidores públicos não são incluídos na legislação pertinente, por geralmente pertencerem ao regime jurídico próprio, na medida em que são normas voltadas aos trabalhadores celetistas (CARNEIRO, 2006).

Em todos os processos foi evidenciado a emissão atmosférica, tanto de aerodispersóides quanto de material particulado e isso demonstra que há necessidade do estabelecimento de ações para minimização dos impactos ambientais causados por essa atividade de produção de asfalto.

Para isso, foi elaborado um quadro específico para as questões ambientais que necessitam ser implantadas no local de estudo e algumas ações para minimização dos impactos. Através de uma lista de verificação de quesitos legais previstos para a atividade e atendimento no local dos mesmos. Após, foi elaborado um plano de ação para as questões ambientais relacionadas (Quadros 14 e 15).

Cabe lembrar que a usina municipal vem sendo alvo de notificações por parte do Ministério Público do Trabalho - MPT. Em 2017, a prefeitura recebeu a primeira notificação em relação as proteções móveis de segurança que deveriam ser implantadas na usina e proteções contra queda em altura (linha de vida horizontal e vertical). Posterior a isso, mais algumas notificações em relação a itens de segurança do trabalho e gestão de segurança no local. Recentemente, no final de 2020 a notificação recebida tem relação com verificação das emissões atmosféricas durante o processo produtivo.

O MPT solicitou quantificação dessas emissões através de análises. Até o presente momento, nada foi realizado em relação a análises quantitativas de emissões geradas pela atividade da usina. Há mais de trinta anos a atividade de produção asfáltica se dá na usina municipal. Através dessas notificações podemos verificar que há necessidade de quantificação dessas emissões e uma análise detalhada dos procedimentos atuais, além disso seu impacto ambiental na vizinhança.

5.3 Procedimentos Operacionais Padrão para as atividades avaliadas

Posteriormente as aplicações de análises de riscos, através das APR e verificação das falhas com o Diagrama de Ishikawa, foram elaboradas os Procedimentos Operacionais Padrão - POPs.

O POP Recebimento dos agregados (Quadro 14) refere-se ao processo de padronização para os agregados utilizados na fabricação do asfalto. Kurcgante (2008) ressalta que os passos para elaborar o procedimento devem apresentar detalhes, de forma explicativa, para que não haja incertezas quando exercer a tarefa. Assim como a rotina, o procedimento também deve ter uma identificação exata.

Quadro 14 - POP - Recebimento dos agregados

TAREFA: Agregados - Recebimento	
RESPONSÁVEL: Porteiro	SETOR: Portaria
RECURSOS NECESSÁRIOS	
PORTEIRO TREINADO; PLANILHAS PARA CADASTRO DAS INFORMAÇÕES; BALANÇA PARA PESAGEM DOS CAMINHÕES; COMPUTADOR PARA REGISTRO DAS INFORMAÇÕES EM RELATÓRIOS.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Recepcionar o fornecedor na portaria de entrada; 3. Realizar a conferência da documentação do motorista, do veículo e da carga; 4. Realizar a pesagem do caminhão; 5. Após as conferências, informar o local de descarga e liberar a entrada; 6. Cadastramento das informações em sistema ou em planilha; 7. Após o responsável pelo armazenamento confirmar o descarregamento, pesar novamente o caminhão vazio; 8. Assinar nota de recebimento e pegar assinatura do motorista (fornecedor) na saída; 9. Liberar o caminhão para saída. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Padronização do recebimento de matéria prima utilizada no processo produtivo da usina; Controle dos materiais utilizados; Melhorias no processo de armazenamento do material; Redução de emissão de particulados.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

O POP para recebimento da matéria prima (Quadro 14) mostra que nessa etapa se faz necessário um planejamento para o estabelecimento de métodos de controle de recebimento e ao treinamento que deverá ser oferecido ao porteiro.

O POP Armazenamento dos agregados (Quadro 15) tem o objetivo principal de organizar o depósito. Essa organização é primordial para que ocorra um melhor controle de qualidade na mistura asfáltica produzida. Ocorrendo essa padronização inicial, poderá ser posteriormente subdividido em diversos POPs, um para cada atividade relacionada ao armazenamento: registros, seleção de amostras para ensaios, comunicação com a portaria entre outros.

Quadro 15 - POP - Armazenamento dos agregados

TAREFA: Agregados – Armazenamento	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Estoque
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; PLANILHAS PARA CADASTRO DAS INFORMAÇÕES; GALPÃO ORGANIZADO: COM PISO, JANELAS, PORTÃO E LOCAIS DE ARMAZENAMENTO DEMARCADOS E COM DIVISÓRIAS.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	

<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Recepcionar o fornecedor; 3. Realizar a instrução de descarga para o fornecedor; 4. Acompanhar a descarga do material nos locais apropriados; 5. Confirmar a descarga ao setor de portaria e liberar a saída; 6. Cadastramento das informações em sistema ou planilha; 7. Verificar a organização dos materiais no depósito; 8. Utilizar EPIs necessários (máscara e protetor auditivo); 9. Comunicar o laboratorista sobre a chegada de novos materiais; 10. Realizar manutenções mensais nos equipamentos; 11. Verificar condições de exaustão e realizar limpeza diária.
RESULTADOS ESPERADOS
Padronização do recebimento de matéria prima utilizada no processo produtivo da usina; Controle dos materiais utilizados; Melhorias no processo de armazenamento do material; Minimização de poeira/aerodispersóides; Minimização de ruído.
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.

A padronização do processo de manuseio dos agregados com a pá carregadora para abastecimento dos silos da usina será de suma importância, pois tem relação direta com as emissões atmosféricas e ruído gerados nesse processo e com a possível ocorrência de acidentes no local (Quadro 16).

Quadro 16 - POP - Manuseio dos agregados para carregamento dos silos

TAREFA: Agregados - Manuseio	
RESPONSÁVEL: Operador pá carregadora	SETOR: Estoque
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; GALPÃO ORGANIZADO: COM PISO, JANELAS, PORTÃO E LOCAIS DE ARMAZENAMENTO DEMARCADOS E COM DIVISÓRIAS; MÁQUINAS COM MANUTENÇÃO EM DIA E NÃO OBSOLETAS; DEMARCAÇÃO DE CAMINHO SEGURO E INSTALAÇÃO DE SINALIZAÇÃO SONORA DE RÉ.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara e protetor auditivo); 3. Realizar o manuseio dos materiais somente quando autorizado; 4. Verificar atentamente o trânsito do local (outras máquinas e operários); 5. Realizar o abastecimento dos silos, verificando a necessidade de material a cada abastecimento; 6. Movimentar material e equipamentos somente em necessidade de processo; 7. Realizar limpeza diária. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da exposição ao ruído; Minimização da exposição a poeira mineral; Minimização do risco de acidentes com atropelamento.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

O POP do quadro 17 tem o objetivo de padronizar as atividades do operador da pá carregadora. Esse procedimento padrão vem com a necessidade de

treinamento quanto a operação segura do equipamento, manutenção necessária ao mesmo e rotina de utilização de EPIs pelo operador.

Quadro 17 - POP - Utilização dos agregados na produção

TAREFA: Agregados – utilização na produção	
RESPONSÁVEL: Operador pá carregadora	SETOR: Usina
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; MÁQUINAS COM MANUTENÇÃO EM DIA E NÃO OBSOLETAS; VERIFICAÇÃO AS CONDIÇÕES DA RAMPA DE ACESSO AOS SILOS DOSADORES DA USINA.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara e protetor auditivo); 3. Realizar a manobra de acesso a rampa de maneira adequada, com velocidade reduzida; 4. Verificar atentamente o trânsito do local (outras máquinas e operários); 5. Abastecer os silos dosadores, verificando a posição da pá carregadora para não atingir os silos de maneira brusca e não gerar poeira; 6. Abastecer os silos com a carga necessária, aguardando os mesmos realizarem o processo de mistura; 7. Realizar manutenções mensais; 8. Verificar filtros e realizar limpezas diárias. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da exposição a poeira mineral do operador que controla os silos dosadores; Minimização do risco de acidentes com atropelamento; Minimização de emissões atmosféricas (gases e aerodispersóides).	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

Com o POP relacionado a etapa de acionamento da usina (Quadro 18) espera-se que se tenha maior segurança e um controle de qualidade no processo e fabricação da massa asfáltica, além de redução de emissões atmosféricas. A falta de uma padronização dessa etapa acarreta riscos aos trabalhadores e ao meio ambiente.

Quadro 18 - POP – Acionamento e operação da usina

TAREFA: Operação da Usina – Acionamento	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Supervisão
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara e protetor auditivo); 3. Verificar atentamente o trânsito do local (outras máquinas e operários); 4. Operar a usina com segurança e controlar através da cabine a realização do processo de mistura dos materiais e os demais controles (temperatura e funcionamento); 5. Realizar manutenções mensais; 6. Verificar filtros e limpezas diárias; 7. Verificar a emissão de atmosféricas durante a operação. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Operação segura da usina e melhoria no controle de qualidade. Minimizar a emissão de aerodispersóides e fumos.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

Na etapa de controle das cargas há um posto de trabalho de controle da disposição do material asfáltico sobre as carrocerias, onde o trabalhador fica em uma escada e orienta o motorista do caminhão quanto as manobras necessárias. Como já analisado na APR (Quadro 13), esse operário fica muito exposto aos fumos de asfalto. Não só ele, mas a emissão que ocorre no momento da descarga do material pronto nas carrocerias envolve todo o ambiente e inclusive as residências vizinhas. Através dessa padronização objetiva-se excluir esse posto de trabalho ou mesmo, modificá-lo (Quadros 19 e 20).

Quadro 19 - POP – Controle das cargas nos caminhões

TAREFA: Operação da Usina – Controle das cargas nos caminhões	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Supervisão
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; CABINE ESPECÍFICA PARA REALIZAR O TRABALHO	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara e protetor auditivo); 3. Verificar atentamente o trânsito do local (outras máquinas e operários); 4. Controlar através da cabine a realização do processo de carregamento das cargas nos caminhões; 5. Liberar o caminhão após a carga estar completa; 6. Verificar filtros e limpeza diária; 7. Verificar emissões atmosféricas e realizar monitoramento durante operação. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da exposição a fumos de asfalto e melhoria no controle de qualidade.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

Quadro 20 - POP - Controle dos agregados nos silos

TAREFA: Operação da Usina – Controle dos agregados nos silos	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Supervisão
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; LINHA DE VIDA; CINTO DE SEGURANÇA E DEMAIS EPIs	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara, protetor auditivo e cinto de segurança tipo paraquedista); 3. Ao subir para plataforma de trabalho, vestir adequadamente o cinto e demais EPIs e utilizar a escada tipo marinho para acesso; 4. Prender o cinto de segurança na linha de vida disponível e realizar a atividade de controle do carregamento dos silos com os agregados; 5. Ao movimentar-se na plataforma para realizar a atividade, não desprender o cinto. 6. Verificar filtros e limpeza diária. 	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da possibilidade de queda e melhoria no controle de qualidade. Minimização da exposição da poeira mineral.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

Também há a necessidade de POPs relacionados a gestão ambiental da usina como POP de descarte de resíduos (Quadro 21).

Quadro 21 - POP - Descarte de resíduos

TAREFA: Descarte de resíduos	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Supervisão
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; LOCAL DE DESTINO CORRETO; LIXEIRAS IDENTIFICADAS.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara, luvas); 3. Fazer treinamento sobre descarte de resíduos; 4. Destinar o descarte em local adequado.	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da possibilidade de impacto ambiental.	
AÇÕES EM CASO DE NÃO CONFORMIDADES (ações corretivas)	
Rever orientações ou informações inconsistentes; Verificar o cumprimento das orientações.	

Em caso de derramamento de óleo ou da própria usina, há a necessidade de procedimento adequado para a minimização do impacto ambiental gerado por tal emergência ambiental. Assim, sugere-se o Quadro 22.

Quadro 22 - POP - Contenção de derramamentos

TAREFA: Contenção de derramamentos	
RESPONSÁVEL: Operário	SETOR: Supervisão
RECURSOS NECESSÁRIOS	
OPERÁRIO TREINADO; LOCAL DE DESTINO CORRETO; DISPONIBILIDADE DE MATERIAL PARA CONTENÇÃO.	
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	
1. Estar devidamente uniformizado; 2. Utilizar EPIs necessários (máscara, luvas); 3. Fazer treinamento sobre acidente ambiental e seus riscos; 4. No local do derrame, fazer um isolamento com areia ou outro material; 5. Após, colocar areia ou serragem para ser absorvido, realizar quantas vezes forem necessárias até absorção completa; 6. Destinar a mistura de areia ou serragem com produto em destino ambientalmente correto.	
RESULTADOS ESPERADOS	
Minimização da possibilidade de impacto ambiental.	

Nos trabalhos levantados semelhantes a este não há nenhuma evidência ou preocupação sobre a área ambiental e por isso a necessidade dessa discussão se faz tão relevante. Há necessidade ainda de se estabelecer parâmetros ambientais de emissões de vizinhança específicos para esse tipo de atividade econômica. O que deve ser medido, como deve ser medido e com que metodologia. Este ponto é importante para ações dos órgãos ambientais nessa atividade.

5.4 Planos de Ação para a situação da usina em estudo

Após levantamento dos riscos através das APR com o Diagrama de Ishikawa e formulação dos POPs foram construídos Planos de Ação baseado no modelo 5W2H.

Segundo Gomes (2014), o método 5W2H é uma ferramenta para elaboração de planos de ação que, por sua simplicidade, objetividade e orientação à ação, tem sido muito utilizada em gestão de projetos, análise de negócios, elaboração de planos de negócio, planejamento estratégico e outros pontos importantes para o auxílio de gestão.

Como mencionado, num primeiro momento foi realizado um levantamento das exigências legais relacionadas as questões ambientais envolvidas nas atividades de fabricação de asfalto por usinas automatizadas e após a elaboração de um plano de ação específico para essas questões. Logo em seguida é apresentado o plano de ação para as demais etapas.

5.4.1 Requisitos legais no âmbito ambiental

Para as questões ambientais foram levantadas as legislações vigentes e relacionadas no Quadro 23.

Quadro 23 - Requisitos legais relacionadas a questões ambientais da usina de asfalto

Legislação
Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12.305/10)
Zoneamento Industrial (Lei 6.803/80)
Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81)
Resolução CONAMA de número 01/1986
Resolução CONAMA de número 491 de 2018.
Resolução CONAMA nº 237/97

5.4.2 Plano de ação ambiental

Após o levantamento das exigências legais relacionadas as questões ambientais envolvidas nas atividades de fabricação de asfalto por usinas automatizadas (Quadro 24), foi realizado um plano de ação específico para essas questões (Quadro 25).

Quadro 24 - Plano de Ação - Questões ambientais

O que	Como	Quem	Por que	Situação Atual
Análises de emissões atmosféricas	Realizar análises das emissões atmosféricas da usina através de laboratório especializado.	Laboratório especializado	Necessidade de avaliar quantitativamente as emissões	A realizar
Licenciamento ambiental	Verificar a renovação de licenciamento ambiental da atividade.	Secretário	Necessidade de a atividade ser licenciada.	A realizar.
Plano de Gerenciamento de resíduos - PGR	Realizar levantamento dos resíduos gerados nos processos	Supervisão	Adequação a legislação ambiental.	A realizar.
Programa de Proteção Respiratória – PPR	Avaliar a exposição dos trabalhadores e especificar proteção adequada.	SST	Proteção as emissões atmosféricas	A realizar.
Programa de Conservação Auditiva - PCA	Avaliar a emissão de ruído no processo produtivo e verificar medidas de proteção.	SST	Proteção e minimização dos riscos.	A realizar.
Elaborar um inventário de emissões atmosféricas	Após as avaliações quantitativas.	SST	Proteção e minimização dos riscos.	A realizar.
Verificar existência de EIA/RIMA	Verificando os parâmetros da legislação e qual que a usina se enquadra.	Supervisão	Adequação a legislação ambiental.	A realizar.

Fonte: Autora.

Em relação as análises quantitativas de emissões atmosféricas geradas no processo produtivo da usina, uma dessas está relacionada aos aerodispersóides que são gerados. O método de ensaio publicado em 1989 de Determinação Gravimétrica de Aerodispersóides foi revisada em 2001 e nessa revisão foram introduzidos conceitos mais abrangentes e então passou a ter um novo título: Avaliação Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados sobre Filtros de Membrana. Essa análise refere-se à exposição dos trabalhadores a poeira mineral (sílica) citada na NHO-03.

No caso do fumo asfáltico o método mais adequado é o NIOSH 5042. Algumas dessas análises quantitativas foram solicitadas pelo MPT através da notificação emitida e deverão ser realizadas na usina de produção de asfalto.

Abaixo, o Quadro 25 mostra o plano de ação quanto as questões ocupacionais e organizacionais para aplicação na Usina de Asfalto da SMOP de Pelotas.

Quadro 25 - Plano de Ação – Questões ocupacionais e organizacionais

Data da criação do plano: Agosto/2021		Responsável:					
Data da revisão do plano: Dezembro/2022		Responsável:					
O que	Como	Quem	Quando		Onde	Por que	Situação Atual
			Início	Fim			
Indicar cargos de supervisores	Verificando as necessidades da secretaria, nos setores onde não há supervisão.	Secretário	Set. 2021	Out. 2021	Gabinete do secretário	Necessidade de supervisão nos processos.	A realizar.
Realizar treinamentos para conhecimento do processo	Verificando os operários que participam dos processos de produção de asfalto e organizar os treinamentos.	Direção	Out. 2021	Nov. 2021		Necessidade de conhecer outras metodologias de trabalho e melhorar a atual.	A realizar.
Treinar os servidores quanto aos riscos ocupacionais	Organizar escala de treinamentos periódicos relacionados a segurança do trabalho.	SST	Nov. 2021	Fev. 2022	SMOP	Necessidade de prevenção de acidentes e melhorias nos processos.	A realizar.
Implementar os POPs de cada processo	Verificando os POPs criados e verificando todos os processos. Se necessário criar mais Pops e realizar treinamento para os responsáveis.	Supervisão	Jan. 2022	Mar. 2022	SMOP	Necessidade de melhoria no controle de qualidade.	A realizar.
Elaborar um inventário de máquinas e equipamentos	Verificar todas máquinas e equipamentos que a Usina possui e realizar um inventário, anotando em planilhas: modelo, marca, ano, placa e características gerais.	Supervisão	Jan. 2022	Jan. 2022	SMOP	Necessidade de verificar as condições das máquinas e equipamentos atuais e verificar a necessidade de manutenções.	A realizar.
Instituir um plano de manutenção preventiva	Após o inventário de máquinas, realizar um levantamento das manutenções necessárias e exigidas e montar um plano de manutenção.	Supervisão	Fev. 2022	Fev. 2022	SMOP	Evitar manutenções corretivas e paradas desnecessárias.	A realizar.
Realizar organização dos materiais no local de armazenamento	Organizando o galpão de armazenamento, separando os materiais, colocação de vidros nas janelas, portão de acesso e divisórias para cada matéria prima.	Supervisão	Março 2022	Mar. 2022	SMOP	Necessidade de organização dos materiais e minimizar a exposição a poeira mineral e desperdício de material.	A realizar.
Providenciar demarcação do local de carregamento dos caminhões.	Instalação de uma plataforma para carregamento dos caminhões (possível derramamento)	Supervisão	Mar. 2022	Mar. 2022	SMOP	Necessidade de organizar o processo e evitar postos de trabalho desnecessários.	A realizar.
Realizar demarcação dos caminhos seguros para os trabalhadores e de trânsito de máquinas no local.	Realizar um estudo no local e demarcar um caminho seguro onde apenas os operários podem realizar o trajeto, as máquinas não poderão trafegar nesse caminho.	Supervisão e SST	Abr. 2022	Abr. 2022	SMOP	Necessidade de organizar o trânsito de máquinas e equipamentos no local, para evitar acidentes.	A realizar.
Aquisição de uma balança para pesagem de caminhões	Realizando pesquisas de preços e após, empenho do valor para aquisição.	Secretário	Mai 2022	Dez. 2022	SMOP	Necessidade de padronização no processo de recebimento de matéria prima, bem como, poder realizar a conferência das quantidades de materiais recebidos.	A realizar.

A Usina descrita já esteve em outro local de funcionamento. No entanto, o local era distante e fazia com que o produto não chegasse adequado as operações tapaburacos. Mesmo melhorando a qualidade do produto o local pode ser considerado

inadequado, no entanto deve-se fazer um levantamento de vizinhança para um diagnóstico correto.

Também se faz necessário o estudo de usinas de menor porte e portáteis para uma possível minimização de impactos ambientais como fumos e aerodispersóides pois a movimentação de agregados seria menor e a emissão atmosférica seria somente no momento de aplicação já que a operação e aplicação seriam simultâneas.

6 Considerações finais

A utilização de ferramentas de análise de riscos, tanto a APR quanto Ishikawa são de extrema importância para levantamento das informações necessárias para realizar intervenções nos processos produtivos na tentativa de eliminação ou minimização dos riscos. No caso do estudo, são tanto os riscos ocupacionais, quanto ambientais.

A APR nos trouxe em evidência direta os riscos e suas probabilidades. Já o Diagrama de Ishikawa mostrou de maneira minuciosa as etapas dos processos. Isso mostra que as duas ferramentas utilizadas evidenciaram os problemas durante a execução das atividades que fazem parte do processo, bem como, os riscos tanto ocupacionais quanto ambientais.

Com a aplicação dessas ferramentas nas etapas que foram objeto do estudo, realizou-se uma revisão geral dos processos, o que mostrou grande quantidade de riscos ocupacionais e ambientais existentes que vão desde riscos de acidentes de queda, lesões até os riscos químicos da geração de poluição atmosférica. Evidenciou-se os perigos mais relevantes e que se repetiam ao longo dos processos e pode-se verificar quais necessitam uma intervenção imediata, que é o caso da exposição a fumos de asfalto pelo trabalhador que controla o carregamento do asfalto nos caminhões, posto de trabalho esse, que poderá ser eliminado do processo ou modificado de maneira que não haja a exposição; além de outras situações.

Sendo assim, é possível comprovar a eficiência e eficácia do método de APR para o levantamento e avaliação de riscos. Que podem ser realizados tanto antecedendo as operações, para prevenir e identificar; quanto durante a operação, identificando e realizando medidas de controle para a diminuição da exposição ao risco encontrado.

Com o Diagrama de Ishikawa foi possível visualizar de forma mais detalhada e clara, quais etapas precisam de medidas para melhoria do processo e diminuição dos riscos. Verificou-se a necessidade urgente de padronização dos processos que envolvem a fabricação de asfalto na usina municipal, desde a aquisição de matéria prima até métodos de trabalho e meio ambiente.

Através das duas ferramentas de análise de riscos utilizadas, a organização de POPs e planos de ação se tornaram possíveis, mostrando a existência de presença

de riscos, mas que há maneiras de minimizá-los, alterando processos ou modificando etapas.

O plano de ação trouxe as medidas a serem implementadas na usina municipal para melhoria dos processos na tentativa de eliminação e/ou minimização de riscos ocupacionais e ambientais.

No entanto há necessidade de continuidade de estudos como o de medições das emissões atmosféricas ocasionadas pela usina, assim, através de uma quantificação será possível a sugestão de mais medidas mitigatórias e de controle desses riscos.

Referências

- ACGIH. **TLVs® BEIs®**: limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®). São Paulo: Ed. ABHO, 2020.
- AEA. ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR EDUCATIONAL ASSESSMENT, 19, 8-10 Nov. 2018. **Anais...** 2018.
- ANDRADE, A. P. 7 Principais Ferramentas para Análise e Gerenciamento de risco. **Logique Sistemas**, 19/12/2018. Disponível em: <<https://www.logiquesistemas.com.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2021.
- ARAUJO, L. C. G. de. **Organização, Sistemas e Métodos e as tecnologias de Gestão Organizacional**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- ARAÚJO, L. G.; BUCCHARLES, G. M. **Fundamentos para realização de perícias trabalhistas acidentais**. São Paulo: Editora GVC, 2008
- AZEVEDO, S. Riscos Químicos Associados à Utilização de Massa Asfáltica. **Safenation**, 2019. Disponível em: <<https://safenation.com.br/blog/riscos-quimicos-associados--utilizacao-de-massa-asfaltica>>. Acesso em: 04 out. 2021.
- BARBOSA, L. M. **Avaliação das concentrações de material particulado, NO₂ e SO₂ resultantes dos serviços de pavimentação asfáltica em um ambiente urbano**. 2019. 96f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- BARROS, S. S. de. **Análise de Riscos**. Instituto Federal do Paraná – Educação a distância. Curitiba: Ministério da Educação. 2013.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2008.
- BONAFER. Manuais técnicos. **Bonafer**, 2018.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2005.
- BRANDT, H. C. A.; GROOT, P. C. A laboratory rig for studying aspects of worker exposure to bitumen fumes. **American Industrial Hygiene Association Journal**. v. 60, n. 2, p. 182-190, 1999. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-laboratory-rig-for-studying-aspects-of->

worker-to-Brandt-Groot/966a027ec15913ec51bace04c2c0e3c76e1f2b36> Acesso em: 21 mar. 2021.

BRASIL. **NR-15 - Portaria Ministério do Trabalho nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Disponível em: <<https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-15?view=default>> Acesso em: 21 mar. 2021.

CALACIOPPO, S. Porque existem um TLV- TWA e um TLV-C para o fluoreto de hidrogênio? **Revista ABHO**, 2010.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Minas Gerais: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

CARDELLA, B. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes** – Uma Abordagem Holística. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

CARNEIRO, S. A. M. Saúde do trabalhador público: questão para a gestão de pessoas - a experiência na Prefeitura de São Paulo. **Revista do Serviço Público - RSP**, v. 57, n. 1, p. 23-49, 2006.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar** – Abordagem Preventiva e Corretiva. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

CEHOP - Companhia estadual de Habitação e Obras Públicas. Pavimentação Rodoviária - Pavimentação com Cimento Betuminoso usinado a Quente (CBUQ). **CEHOP**, 2013.

CETESB. Monóxido de carbono – Ficha de Informação Toxicológica. **CETESB**, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Monóxido-de-carbono.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

CETESB. Qualidade do ar. **CETESB**, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acessado em: 21 mar. 2021.

CHIAVENATO, I. **Gestão de Pessoas**: e o novo papel dos recursos humanos nas organizações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CIMM. Controle de Poluentes Atmosféricos. **CIMM**, 2020. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3672-controle-de-poluentes-atmosfericos> Acesso em: 05 ago. 2021.

CLIVATTI, R. Como Criar Um Plano De Ação Para A Segurança Do Trabalho? **On Safaty**, 01/03/2019. Disponível em: <<https://onsafety.com.br/plano-de-acao-para-a-seguranca-e-saude-do-trabalho/>> Acesso em: 01 ago. 2021.

COLENGHI, V. M. **O&M e Qualidade Total**: uma integração perfeita. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603> Acesso em: 04 out. 2021.

CRAVO, M. C. C. Estudos relacionados aos fumos de asfalto. In: WORKSHOP EM SMS – COMISSÃO DE ASFALTO DO IBP, 3, 2010, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: IBP, 2010.

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluido mecânicos**. 2ª ed. São Paulo. Blucher, 2014.

CRUZ, T. **Sistemas, Organizações & Métodos**: estudo integrado das novas tecnologias de informação. São Paulo: Atlas, 2002

DANIELEWICZ, M. **Procedimentos para Rastreabilidade das não-conformidades no Processo Produtivo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

DENARDI JR., A. **Higiene do Trabalho, Agentes Químicos**. Abr. 2015. Slides de aula.

DER/SP. **Concreto asfáltico com asfalto borracha (processo úmido)**. Especificação técnica. DER, Fevereiro, 2007.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Signus, 2000.

DESAI, K. J.; DESAI, M. S.; OJODE, L. Supply chain risk management framework: a fishbone analysis approach. **SAM Advanced Management Journal**, Canadá, v. 6, n. 1, p. 34-56, 2015.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais**: uma Abordagem logística. São Paulo: Atlas, 1993.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT/Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006.

DOERJ. **NT-506.R-6 - Padrões de emissão e exigências de controle da poluição do ar para usinas de asfalto a quente**. Rio de Janeiro: DOERJ, 1986.

DUARTE, R. L. **Procedimento Operacional Padrão** - A Importância de se padronizar tarefas nas BPLC. Curso de BPLC. Belém-PA, 2005.

EEA - European Environment Agency. **Atmospheric Emission Inventory Guidebook**. 3 ed. Europa: EEA, 2002.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Hot mix asphalt plants, emission assessment report, Environmental protection, planning and standards, Office of air quality.** EPA-454/R-00-019. North Carolina: EPA, 2000. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/related/ea-report.pdf>> Acessado em: 21 mar. 2021.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air pollution standards.** Washington: EPA, 2007. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-11/documents/trends_brochure_2007.pdf> Acesso em: 21 mar. 2021.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Ambient Air Quality Standards.** Washington: EPA, 2021. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>> Acesso em: 21 mar. 2021.

FAGNANI, K. C. *et al.* Diagnostico de uma usina de asfalto visando a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental com base na norma ABNT NBR ISSO 14001. **Estudos Tecnológicos**, v. 5, n. 2, p. 222-226, 2009. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cauetst/usina-de-asfalta>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

FARIA, M. T. **Gerência de riscos:** apostila do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho. Curitiba: UTFPR, 2011.

FERMA - Federation of European Risk Management Association. Norma de gestão de riscos. **FERMA**, 2003. Disponível em: <<http://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-portuguese-version.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

FIGUEREDO, E. A. Asfalto. **Infoescola**, 2010. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/asfalto/>> Acesso em: 27 de jul. 2021.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro.** 4ª ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FLOREIRO, N. S. **Aplicação da análise preliminar de riscos nos processos da fabricação de mistura asfáltica a quente.** 2014. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FONTANA FILHO, A. análise laboratorial de misturas asfálticas abertas usinadas a quente com a utilização de diferentes ligantes. 2009. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) - UFOP, Ouro Preto, 2009.

FRANCHINI, D. **Avaliação de agentes físico e químico em unidade de beneficiamento de sementes.** 2018. Tese (Doutorado Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

FREITAS, C. U.; BREMMER, S. A.; GOUVEIA, N.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Interações e órbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista Saúde Pública**, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

- FRUHAUF, D. V.; CAMPOS, D. T. A.; HUPPES, M. N. **Aplicação da ferramenta Análise Preliminar de Riscos – Estudo de caso indústria frigorífica de frangos**. 2005. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.
- GARCIA, G. F. B., **Acidentes do trabalho: doenças ocupacionais e nexos técnico epidemiológico**. Ed. Método. São Paulo. 2013. 223p.
- GOMES, L. da S. O uso de ferramentas de gestão na elaboração do planejamento estratégico. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, 2014.
- GOMES, R. de O.; MATTIODA, R. A. Técnicas de Prevenção e Controle de Perdas em Segurança do Trabalho – Um ajuste ao PDCA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Belo Horizonte, MG. **Anais...** 2011.
- GOUREVITC, P.; MORRIS, E. **Procedimento operacional padrão: Uma história de guerra**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- GUIMARÃES, F. J. R. P. **Apostila de riscos químicos**. Santos: Senac, 2003.
- KEMERICH, P. D. da C., et al. Air Pollution from the Burning of fuels derived from Petroleum in motor vehicles. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGETE**, v. 18, n. 1, p. 66-78, Abr. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117010537>> Acesso em: 30 set. 2021.
- KERZNER, H. **Project Management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling**. United States: John Wiley & Sons, 2001.
- KURCGANT, P. et al. **Administração em Enfermagem**. 9ª reimp. São Paulo: EPU, 2008.
- KURIYAMA, G. S.; MOREIRA, J. C.; SILVA, C. R. S. da. Exposição ocupacional ao dióxido de nitrogênio (NO₂) em policiais de trânsito na cidade do Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 677-683, Oct. 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1997000400010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- LEITE, J. M. F. As Sete Ferramentas Da Qualidade Aplicáveis No Processo Organizacional. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 04, ed. 04, v. 01, p. 28-41, abr. 2019.
- LISBOA, H. M. **Fontes de poluição atmosférica**. In: Controle da poluição atmosférica. Florianópolis: ENS/UFSC, 2014.
- LOPES, J. L. Riscos para a saúde de trabalhadores de pavimentação com asfalto. **Interfacehs, Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, 2006.

- LYRA, D. G. P. de. **Inventário das Emissões atmosféricas da região Metropolitana de Salvador**. 1999. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4408426/mod_resource/content/0/Invent%C3%A1rio%20de%20emissoes%20atmosfericas%20na%20Regi%C3%A3o%20Metrropolitana%20de%20Salvador.pdf> Acesso em: 04 out. 2021.
- MAINER, F. B.; VIOLA, E. D. M. O sulfeto de hidrogênio (H₂S) e o meio ambiente. In: II SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA – SEGeT', 2005. **Anais...** Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/261_H2S.pdf> Acessado em: 21 mar. 2021.
- MARQUES, F. B. **Investigação de Design de Filtro manga através da técnica de cfd**. 2017. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2017.
- MARTORELLI, E. B. **Política Ambiental**: dos limites do comando e controle à potencialidade dos instrumentos econômicos. 2015. 38f. Monografia (Bacharelado em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- MATOSKI, A.; MICHAUD, C. R.; CATAI, R. E.; GARCIA, J. G. Utilização das ferramentas de Segurança: Análise Preliminar de Risco, Auditoria comportamental e Padronização. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33. Bahia, 08 a 11 de outubro de 2013. **Anais...**
- MATTOS, U.; MÁSCULO, F. **Higiene segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2011.
- MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade**. Porto Alegre: SEBRAE, 2003.
- MELO, A. K. A de.; *et al.* O asfalto e os impactos ambientais. **Recanto das Letras**, 21/01/2017. Disponível em: <<https://www.recantodasletras.com.br/artigos-de-ciencia-e-tecnologia/5508530>> Acesso em: 04 out. 2021.
- MIRIGHI, J. V. **Controle Tecnológico e Controle de Qualidade - Um Alerta sobre a sua importância**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2003. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.com.br/rmfortes/publicacoes/CONTROLE_DE_QUALIDADE_E_CONTROLE_TECNOLOGICO.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2021.
- MORAIS, C. R. N. **Dicionário de Saúde e Segurança no Trabalho e Meio Ambiente**. São Paulo: Yendis, 2011.
- MOTA, S. **Impactos ambientais das atividades humanas**. Introdução à engenharia ambiental. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- MOTTA, R. D. S. **Estudo de Misturas Asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para redução de emissão de poluentes e de consumo energético**. 2011. Tese (Doutorado) - PTR-EPUSP, SÃO PAULO, 2011.

MPT - Ministério Público do Trabalho. Notificações. **MPT**, 2018.

MUKHOPADHYAY, A.; *et al.* A novel coherence measure for discovering scaling biclusters from gene expression data. **Journal of Bioinformatics and Computational Biology**, v. 07, n. 05, p. 853-868, 2009.

NASCIMENTO, L. F. C.; MÓDOLO, C. C. M.; JUNIOR, C. A. J. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil: um estudo ecológico no Vale do Paraíba. **Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil**, Recife, v. 4, n. 4, p. 367-374, 2004.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt: Hazard Review**. Ohio: CDC, 2000. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2001-110/pdfs/2001-110.pdf>>_Acesso em: 21 mar. 2021.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). **Permissible Exposure Limits – Annotated Tables**. California: OSHA, 2020.

ODA, L.; ÁVILA, S. **Biossegurança em Laboratórios de Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 1998

PASSOS, J. C. Fundamentos da prevenção e do controle de perdas e as metodologias para identificação de riscos. **Revista do Centro de Ensino Superior de Catalão (CESUC)**, ano V, n. 9, 2003.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ CAP 50/70 MORNO. **PETROBRAS**, 2014. Disponível em: <<https://www.br.com.br/wcm/connect/13a5cf80-1a8d-4174-83b2-4319a350a1d5/fispq-asf-cap50-70-morno.pdf?MOD=AJPERES&CVID=le0UfXc>>_Acesso em: 21 mar. 2021.

PITANGUEIRAS. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.pitangueiras.sp.gov.br>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

PURDY, G. ISO 31000 2009: setting a new standard for risk management. **Risk Analysis**, v. 30, n. 6, p. 881-886, 2010.

QUEIROZ, W. F. L. de. **Análise dos aspectos de segurança em um laboratório de corrosão: um estudo de caso**. 2013. 80f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Federal Fluminense, 2013.

RAUBER, A. C. C.; CASSANEGO, M. L.; SILVA, R. F. Diagnóstico de impactos ambientais causado por usina de asfalto. **Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, S. Maria, v. 5, n. 1, p. 97-106, 2004.

RIBAS, M. S. **Riscos e agentes químicos na pavimentação com Cimento Asfáltico de Petróleo**. 2012. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho), Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2012.

RIBEIRO, A. de L. **Gestão de pessoas**. São Paulo: Saraiva, 2006.

RIBEIRO JR., R. L. **Análise das sete ferramentas básicas da qualidade segundo o pmbok**. 5ª ed. Rio de Janeiro: AVM Faculdade Integrada, 2016.

ROCHA, F. B. A.; OLIVEIRA, L. F. A.; CAMPOS, M. C.; CARVALHO, R. J. M. Riscos do trabalho na indústria de panificação: estudo de caso em uma panificadora de Natal-RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, MG, 2011. **Anais...**

ROCHA, R.; CERON, L. P. Avaliação da eficiência dos filtros de mangas em uma indústria de tintas. **Meio Filtrante**, p. 38-44, mar./abr. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325253905_AVALIACAO_DA_EFICIENCIA_DOS_FILTROS_DE_MANGAS_EM_UMA_INDUSTRIA_DE_TINTAS> Acesso em: 21 mar. 2021.

ROCHA, S. M. S. **Estudo da influência da velocidade e dos ciclos de filtração na formação da torta de limpeza de gases em filtro de mangas**. 2010. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

ROSA, G. M.; TOLEDO, J. C. Gestão de riscos e a norma ISO 31000: importância e impasses rumo a um consenso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ponta Grossa, 2005. **Anais...** 2005.

SABOIA, R. O. F. **Utilização da Ferramenta de APR para a avaliação de riscos em uma indústria produtora de blending para coprocessamento**. 2015. 42f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A. C., **Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos**. 12ª ed. São Paulo: LTr., 2015.

SAMPAIO, J. C. A. **Manual de aplicação da NR 18**. São Paulo: PINI, 1998.

SAMPAIO, P. R. **Utilização do revestimento em cbuq em pavimentos de vias urbanas** – estudo de defeitos no revestimento em uma rua da cidade de Aracaju. 2017. (Monografia) - Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, 2017.

SANTANA, A. C. R. S.; RODY, H. A. Processo de fabricação de misturas a quente realizadas em usina gravimétrica: o caso da usina de asfalto Antônio Ramos. *Projectus*, v. 1, n. 3, p. 106-118, jul./set. 2016.

SANTOS, A. R. dos. **O uso do pneu para pavimentação**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Materiais e Construção) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SEIFFERT, M. E. B. **Sistema de gestão ambiental (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001): vantagens da implantação integrada**. São Paulo: Ed. Atlas, 2008.

SENÇO, W de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Ed. Pini, 2008.

SENGER, L. J.; GOUVEIA, L. T.; SANDAKA, G. Emissões do asfalto e seus efeitos na saúde humana. **Transportes**, v. 26, n.2, p.167-179, 2018.

SILVA, H. C. **Avaliação, diagnóstico e solução de problemas ambientais e sanitários 1**. Ponta Grossa: Atena, 2020.

SILVA, G. A. G. da. **Melhoria da operacionalização de uma agência de correios, baseada nos princípios de um manual de padronização de agências**. 2004. Trabalho de Conclusão de Estágio (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, E. C. C. da; FAEDO, V. Utilização do diagrama de Ishikawa para detecção de divergências de estoque: estudo de caso em empresa do ramo de peças e serviços do interior do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, Ponta Grossa/PR, 2019. **Anais...**

SIM. **Sistema de Informação Municipal**. 2021. Acesso em: 10 ago. 2021.

SHELL, B. **The Shell Bitumen Handbook**. 6ª ed. Londres: Thomas Telford Ltd, 2015.

STEFANOVIC, S., *et al.* Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram. **Acta Technical Corviniensis Bulletin of Engineering**, Romania, v. 7, n. 4, p. 92-97, 2014.

STONOGA, V. I. **Proposta de um modelo de avaliação integrada para o biomelhoramento contínuo de segurança e saúde no trabalho**. 2003. 208f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

TAVARES, J. da C. **Noções de Prevenção e controle de perdas em segurança do trabalho**. São Paulo: Senac, 2012.

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Cartilha de licenciamento ambiental**. Brasília: 4ª Secretaria de Controle Externo, TCU, 2007.

TEREX. **Manual de Operação**. Publicação 50103130_01. Edição 11/2011. Disponível em: <<https://www.terexritz.com.br/servicos-e-suporte/manuais/>> Acesso em: 04 out. 2021.

VALLERO, D. **Fundamentals of Air Pollution**. 4^a Ed. Amsterdã: Elsevier, 2007.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da qualidade total**: uma abordagem prática. 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.

WANG, M. L.; CHEN, Q. Advanced turbulence models for predicting particle transport in enclosed environment. **Building and Environment**, v. 47, p. 40-49, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidance on developing quality and safety strategies with a health system approach**. Copenhagen: WHO, 2009.

YANG, J. M.; SHIN, H. O; YOO, D. Y. Benefits of using amorphous metallic fibers in concrete pavement for long-term performance. **Archives of civil and mechanical engineering**, v. 17, p. 750-760, 2017.