

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RODRIGO LAMPERT DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA DE  
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE  
ALUMÍNIO LOCALIZADA NO SUDOESTE DO PARANÁ**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

**RODRIGO LAMPERT DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA DE  
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE  
ALUMÍNIO LOCALIZADA NO SUDOESTE DO PARANÁ**

**Evaluation of environmental aspects and impacts in industrial maintenance in  
an aluminum production industry located in the Southwest of Paraná**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michelle Milanez França  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Marlise Schoenhals

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

**RODRIGO LAMPERT DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA ÁREA DE  
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE  
ALUMÍNIO LOCALIZADA NO SUDOESTE DO PARANÁ.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de agosto de 2021

---

Michelle Milanez França  
Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil (2013)  
Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marlise Schoenhals  
Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria, Brasil (2006)  
Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Andriele De Prá Carvalho  
Doutorado em Administração pela Universidade Positivo, Brasil (2016)  
Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso, conforme IN 01/2021”

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar durante toda essa etapa da minha vida.

A minha família pelo apoio, incentivo, e por sempre acreditar em mim.

Obrigado Mãe, pelo amor incondicional, que sinceramente é impossível mensurar. Pelos joelhos dobrados todas as noites pedindo a Deus a minha proteção.

Ao meu Pai, que sempre me deu todo o suporte necessário para que esse dia chegasse e principalmente por nunca me deixar desistir. Como o Sr. sempre me faz lembrar, lá no início foi um ano dormindo em um colchão no piso de um quarto, obrigado por tudo meu Pai.

Eu não poderia deixar de lembrar aqui de meu Avô Paterno, minha grande perda nesse difícil 2021, meu entusiasta, que demonstrava com um simples olhar todo o orgulho que sentia de mim.

Obrigado a todos os professores pelos ensinamentos, pela atenção, paciência e por todas as aulas ministradas, carregadas de muito conhecimento e valores que levarei por toda minha vida profissional.

As minhas orientadoras, Michelle Milanez França e Marlise Schoenhals por todo o conhecimento compartilhado, suporte, sugestões e correções, que foram fundamentais para que este trabalho acontecesse.

Ao grupo industrial pelo qual já atuo há dois anos e meio, por abrir as portas para a realização deste trabalho, agradeço imensamente a todos os colaboradores que ajudaram compartilhando seus conhecimentos e experiências.

E por fim gratidão eterna à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que levarei para sempre não só no meu currículo, mas também no coração!

## RESUMO

SILVA, Rodrigo L. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais na área de manutenção industrial em uma indústria de produção de alumínio localizada no Sudoeste do Paraná.** Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão 2021.

As organizações estão buscando cada vez mais formas e ferramentas que sejam soluções para um melhor desempenho ambiental, tendo em vista a própria exigência estabelecida pelos diversos mercados de negócios. Neste contexto, a norma ISO 14001 oferece em sua estrutura, requisitos que orientam sobre a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que pode ser adotado por qualquer tipo de segmento industrial. Uma das bases para implementação de um SGA é a identificação de aspectos ambientais, com foco em controlá-los a fim de evitar a ocorrência de um impacto ambiental negativo. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi realizar o levantamento e classificação dos aspectos e impactos ambientais do setor de manutenção industrial em uma indústria de fundição de alumínio localizada no Sudoeste do Paraná. Para isso foram realizadas visitas técnicas na área definida no escopo do estudo, mapeando todas as atividades desempenhadas no processo, para posterior identificação dos aspectos ambientais. Em seguida aplicou-se a metodologia FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*, para avaliação e classificação dos aspectos ambientais. O resultado da aplicação da metodologia definiu o número de prioridade ambiental (NPA) para cada aspecto, identificando quais as ações em escala de prioridade devem ser aplicadas pela organização, a fim de evitar a ocorrência de impactos ambientais negativos. Com isso foi possível detectar que a geração de resíduos sólidos e o consumo excessivo de óleos e graxas caracterizaram os principais aspectos ambientais da maioria das atividades realizadas no processo. E como ações a fim de mitigar e prevenir a ocorrência de impactos ambientais negativos, foi sugerido que a organização, partindo de sua Alta Direção, adote uma postura mais ativa em relação a conscientização dos colaboradores sobre a redução da geração de resíduos, descarte correto, manipulação adequada de óleos e graxas e a melhoria contínua do seu SGA, visando uma futura certificação na norma ISO 14001.

**Palavras-chave:** indústria; sistema de gestão ambiental; aspectos ambientais; impactos ambientais; FMEA; ISO 14001.

## ABSTRACT

SILVA, Rodrigo L. **Evaluation of environmental aspects and impacts in the area of industrial maintenance in an aluminum production industry located in the Southwest of Paraná.** Course conclusion paper (undergraduate) – Bachelor of Environmental Engineering. Federal Technological University of Paraná, Francisco Beltrão 2021.

Organizations are increasingly looking for ways and tools that are solutions for better environmental performance, in view of the requirement established by the various business markets. In this context, the ISO 14001 standard offers in its structure requirements that guide the implementation of an Environmental Management System (EMS), which can be adopted by any type of industrial segment. One of the bases for implementing an EMS is the identification of environmental aspects, with a focus on controlling them to avoid the occurrence of a negative environmental impact. Therefore, the objective of this work was to survey and classify the environmental aspects and impacts of the industrial maintenance sector in an aluminum smelting industry located in the Southwest of Paraná. For this, technical visits were carried out in the area defined in the scope of the study, mapping all activities performed in the process, for subsequent identification of environmental aspects. Then, the FMEA – Failure Mode and Effects Analysis methodology was applied to assess and classify environmental aspects. The result of applying the methodology defined the environmental priority number (EPN) for each aspect, identifying which actions in priority scale must be applied by the organization to avoid the occurrence of negative environmental impacts. Thus, it was possible to detect that the generation of solid waste and the excessive consumption of oils and greases characterized the main environmental aspects of most activities carried out in the process. And as actions to mitigate and prevent the occurrence of negative environmental impacts, it was suggested that the organization, starting from its Senior Management, adopt a more active posture in relation to employee awareness, reduction of waste generation, correct disposal, proper handling of oils and greases and continuous improvement of your EMS, aiming at future certification in the ISO 14001 standard.

**Keywords:** industry; environmental management system; environmental aspects; environmental impacts; FMEA; ISO 14001.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais influências na Gestão Ambiental Empresarial .....	15
Figura 2 - PDCA aplicado na estrutura da norma ISO 14001:2015.....	19
Figura 3 - Empresas certificadas ISO 14001: 2015 (2016 a 2020).....	25
Figura 4 - Fluxograma do processo de reciclagem do alumínio .....	32
Figura 5 - Localização da área de estudo .....	34
Figura 6 - Planta da área de estudo .....	35
Figura 7 - Retificadora de cilindros.....	36
Figura 8 - Cilindros para retífica .....	36
Figura 9 - Máquina de torno .....	37
Figura 10 - Área de solda.....	38
Figura 11 - Área de almoxarifado.....	38
Figura 12 - Coletores de resíduos da área administrativa.....	39
Figura 13 - Armazenamento de lubrificantes.....	40
Figura 14 - Ferro velho.....	40
Figura 15 - Fluxo do levantamento de aspecto e impacto ambiental .....	42
Figura 16 – Papelão contaminado com óleo .....	47
Figura 17 - Descarte de cavacos de cobre.....	48
Figura 18 - Descarte de restos de matéria-prima da atividade de tornearia.....	51
Figura 19 - Vazamento de óleo no torno. ....	52
Figura 20 - Escória de soldagem.....	56
Figura 21 - Armazenamento de óleos .....	59
Figura 22 - Barracão para armazenamento de produtos químicos em construção. ...	60
Figura 23 - Armazenamento de lâmpadas descartadas.....	61
Figura 24 - Caçamba de resíduos ferrosos e não-ferrosos .....	64
Figura 25 - Coletor para descarte de estopas e panos. ....	65
Figura 26 - Recipiente com óleo usado.....	66
Figura 27 - Kit de contenção de derramamento de óleo. ....	66
Figura 28 - Descarte de copos descartáveis.....	69
Figura 29 - Descarte de resíduos recicláveis e orgânico.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planilha usada para levantamento dos aspectos e impactos ambientais. .....	45
Quadro 2 – Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de retífica. .....	46
Quadro 3 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de tornearia. ....	49
Quadro 4 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de solda. .....	53
Quadro 5 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de almoxarifado.....	57
Quadro 6 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de manutenção mecânica. ....	62
Quadro 7 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade administrativa. ....	67
Quadro 8 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da área de ferro velho. .....	70
Quadro 9 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais dos sanitários .....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de criticidade FMEA.....	43
Tabela 2 - Parâmetros para classificação do critério Gravidade (G).....	43
Tabela 3 - Parâmetros para classificação do critério Ocorrência (O).....	43
Tabela 4 - Parâmetros para classificação do critério Detecção (D).....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBA	Companhia Brasileira de Alumínio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPI	Equipamento de proteção individual
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FISPQ	Ficha de informação de segurança de produtos químicos
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAIA	Levantamento de aspectos e impactos ambientais
NBR	Norma Brasileira
NPA	Número de prioridade ambiental
PAE	Procedimento de atendimento a emergências
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SGA	Sistema de Gestão Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Gestão ambiental nas organizações.....</b>	<b>15</b>
3.1.1	Sistema de gestão ambiental – ABNT NBR ISO 14001:2015 .....	17
3.1.1.1	Liderança.....	20
3.1.1.2	Planejamento .....	21
3.1.1.3	Suporte.....	21
3.1.1.4	Operação.....	22
3.1.1.5	Avaliação de desempenho .....	22
3.1.1.6	Melhoria.....	23
3.1.2	Benefícios do sistema de gestão ambiental .....	23
<b>3.2</b>	<b>Aspectos e impactos ambientais.....</b>	<b>26</b>
3.2.1	A utilização do método FMEA .....	28
<b>3.3</b>	<b>Produção de alumínio .....</b>	<b>30</b>
3.3.1	Reciclagem de alumínio .....	31
<b>3.4</b>	<b>Manutenção industrial e meio ambiente .....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização do empreendimento.....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Retífica .....	35
4.1.2	Tornearia .....	36
4.1.3	Solda .....	37
4.1.4	Almoxarifado .....	38
4.1.5	Administrativo.....	39

4.1.6	Manutenção mecânica .....	39
4.1.7	Ferro velho .....	40
<b>4.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos .....</b>	<b>41</b>
4.2.1	Aplicação da análise FMEA – <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> .....	42
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Classificação dos aspectos e impactos ambientais .....</b>	<b>45</b>
5.1.1	Avaliação da atividade de retífica .....	45
5.1.2	Avaliação da atividade de tornearia.....	49
5.1.3	Avaliação da atividade de solda .....	53
5.1.4	Análise da atividade de almoxarifado .....	56
5.1.5	Análise da atividade de manutenção mecânica .....	61
5.1.6	Análise da atividade administrativa (escritório) .....	67
5.1.7	Análise da área de ferro velho.....	70
5.1.8	Análise da área de sanitários .....	72
<b>5.2</b>	<b>Atendimento ao requisito “6.1.2 aspectos ambientais” .....</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que a discussão sobre desenvolvimento sustentável entra em pauta de debates em grandes eventos e conferências mundiais. A começar pela conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, realizada no ano de 1972, considerada o grande marco para o ponto de partida na busca de um maior engajamento universal no processo de conscientização sobre o meio ambiente (FELIX, 2018).

Neste contexto, foram crescendo as pressões perante os segmentos industriais, devido ao seu potencial poluidor e de degradação ambiental. Práticas sustentáveis começaram a ser exigidas, tanto pelo mercado, quanto pela sociedade, logo, a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) eficiente tornou-se fundamental na busca de um desempenho ambiental satisfatório. Além disso, com o mercado cada vez mais preocupado com as questões ecológicas, a tendência é que seja dada a preferência às empresas que visam esse assunto.

O estudo de aspectos e impactos ambientais, é um dos requisitos para a implantação de um SGA em uma organização, conforme a norma ISO 14001 tal requisito permite que organizações desenvolvam e implementem procedimentos, objetivos e controles pertinentes a seus aspectos ambientais significativos (ABNT, 2015).

Atualmente existem algumas metodologias que permitem a realização do estudo conforme sugere o requisito da norma, uma delas é a Análise do Modo de Falha e seus Efeitos - FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), que é considerado um instrumento para identificar possíveis falhas em cada etapa de um processo produtivo, a partir de critérios previamente estabelecidos, possibilitando estabelecer prioridades para redução ou até mesmo a eliminação de impactos ambientais adversos.

Segundo Freitas (2017) os principais aspectos ambientais relacionados às atividades de uma indústria metalúrgica são o consumo de energia elétrica, geração de resíduos sólidos e consumo de água.

Desta maneira, o presente trabalho pretende identificar, avaliar e realizar a classificação dos aspectos e impactos ambientais resultantes da atividade de manutenção industrial, em uma indústria metalúrgica de produção de alumínio localizada no estado do Paraná, a partir da aplicação da metodologia FMEA.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Realizar o levantamento e classificação dos aspectos e impactos ambientais do setor de manutenção industrial em uma indústria de fundição de alumínio localizada no Sudoeste do Paraná.

### 2.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar os aspectos e avaliar os impactos ambientais oriundos das atividades executadas no setor de manutenção industrial da organização.
- Classificar os aspectos ambientais utilizando como ferramenta a Análise de Modos de Falhas e Efeitos – FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).
- Avaliar o atendimento da organização em relação ao requisito 6.1.2 Aspectos Ambientais, da norma ABNT NBR ISO 14001:2015.
- Identificar e propor oportunidades de melhoria em relação ao monitoramento dos aspectos e impactos ambientais realizado no processo de manutenção industrial.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

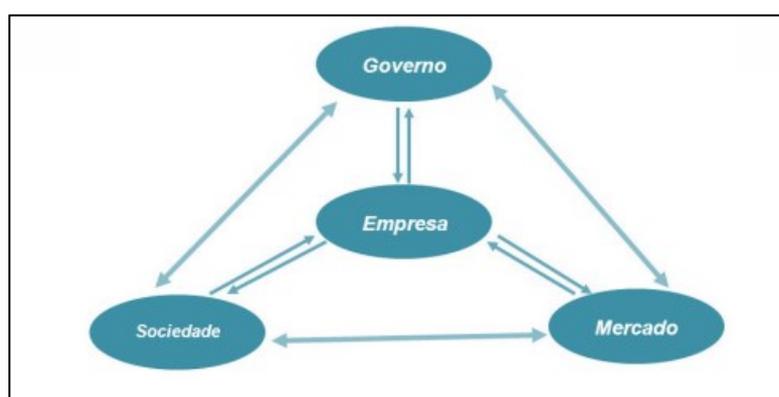
#### 3.1 Gestão ambiental nas organizações

A gestão ambiental pode ser definida como um conjunto de atividades de cunho operacional e administrativas como, planejamento, monitoramento, direção, controle, disponibilização de recursos entre outras atividades desenvolvidas com o propósito de evitar, mitigar, reduzir e controlar os passivos ambientais oriundos das atividades empresariais (BARBIERI, 2007).

As atenções voltadas para o desenvolvimento da gestão ambiental dentro das organizações não são recentes, pode-se afirmar que é consequência da evolução histórica da preocupação com o meio ambiente. A partir da década de 1960 as organizações empresariais já eram frequentemente indagadas sobre suas responsabilidades ambientais.

De fato, as organizações têm voltado suas atenções para os riscos ao meio ambiente oriundos de suas atividades, produtos e/ou serviços, um ponto que explica tal atitude envolve a responsabilidade social, o aumento de problemas ambientais tem provocado o crescimento das pressões sociais sobre as empresas, buscando que estas tomem uma postura mais ativa em relação ao tema, justamente pensando na mudança para um comportamento que seja mais adequado e que este reflita nas suas práticas. Conseqüentemente, para as organizações que buscam um crescimento contínuo, não basta somente atender às legislações governamentais aplicáveis, mas sim entender do mercado e da sociedade (Figura 1) quais são suas exigências e assim buscar propor algo a mais (MEIRA; BATISTA, 2017).

Figura 1 - Principais influências na Gestão Ambiental Empresarial



Fonte: Barbieri (2007)

Portanto, é possível constatar que existem organizações que estão cada vez mais engajadas em atingir um desempenho ambiental satisfatório, logo o desenvolvimento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), tem se configurado como um dos principais pontos de atuação em atividades em um empreendimento (KRAEMER, 2004).

Neste contexto, a Gestão Ambiental em empresas pode ser considerada uma parte de um Sistema de Gestão Integrado de Qualidade Organizacional, com foco para a gestão de pessoas e processos, em que estão inseridos os aspectos ambientais empresariais (REIS; QUEIROZ, 2002).

Desta maneira, o objetivo do Sistema de Gestão Ambiental nas Organizações é reduzir os impactos das suas atividades de negócio sobre o meio ambiente e buscar de forma contínua, melhorias de qualidade ambiental dos serviços realizados, produtos, ambiente de trabalho e comunidade ao entorno, através da implementação de uma política ambiental, programas ambientais, práticas administrativas e operacionais que visam a saúde e a segurança das pessoas, a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável (BERNEIRA; GODECKE, 2015).

A complexidade de um SGA envolve e integra toda a estrutura organizacional, tendo como objetivo o comprometimento de todos os envolvidos em seus processos. O sistema pode optar por seguir uma diretriz não certificável, destinada somente à gestão do desempenho ambiental e utilizar as normas como fonte de referência. Ou também é possível ser utilizado para a obtenção de uma certificação ambiental, através de uma avaliação realizada por um órgão certificador. Porém, independente da opção pela certificação ou não, as normas que compõem o sistema têm por objetivo proporcionar as organizações de um SGA eficaz, que possam ser integradas a outros requisitos de gestão, e assim das suporte ao alcance de seus objetivos ambientais e econômicos, de acordo com as políticas da empresa (CAVALINI, 2008).

Interpretando de uma maneira mais prática, o sistema de gestão ambiental propicia à empresa controlar os efeitos ambientais de toda a sua cadeia de produção, desde a seleção da matéria-prima até o destino de seu produto e dos resíduos gerados ao longo do processo (CAVALINI, 2008).

Dentre as ferramentas para implementação de um SGA, é possível destacar a norma ABNT NBR ISO 14001:2015, que traz em seu escopo requisitos mínimos para a condução de um sistema e orientações para uso desses requisitos.

### 3.1.1 Sistema de gestão ambiental – ABNT NBR ISO 14001:2015

Nos últimos anos, principalmente devido à globalização, é notável o aumento do nível de competitividade nos mercados e a decadência de empresas que renunciaram à busca por inovação das suas práticas gerenciais. Na atualidade, cada detalhe incorporado pode se tornar um diferencial, a implementação de um sistema de gestão ambiental é um exemplo disso (TANNO, 2018).

A primeira versão da norma ISO 14001 foi publicada em 1996, com o objetivo de estabelecer especificações normativas como resultado de diversas discussões em torno de problemáticas ambientais e definir uma alternativa que conciliasse o avanço econômico com práticas sustentáveis (CAGNIN, 2000).

Com o passar dos anos, o sistema de gestão ambiental dentro das organizações foi evoluindo e ganhando mais espaço, tornando-se assunto em atividades de rotina, ou até mesmo no momento de uma tomada de decisão que envolvesse uma estratégia de negócio, logo surgindo a necessidade de modificar e ampliar as diretrizes da própria norma ISO 14001 (FERREIRA, 2018).

Diante disso, em 2004 foi lançada uma nova versão da norma, cuja revisão teve como objetivo a compreensão melhor do texto, como a inclusão de explicações sobre o ciclo PDCA, implícito na versão anterior de 1996 e a adequação buscando uma harmonização com a norma ISO 9001 de sistema de gestão de qualidade (FERREIRA, 2018).

A versão mais recente da norma ISO 14001 foi lançada em 2015, com uma revisão mais detalhada, a norma apresenta novos desafios e oportunidades de gestão ambiental, buscando assim organizações cada vez mais preocupadas com o desenvolvimento sustentável.

Alguns requisitos desta nova versão tiveram alterações mínimas, enquanto novos requisitos foram implantados, como contexto da organização e ações para tratar riscos e oportunidades, já outros tiveram mudanças importantes, como o requisito de aspectos ambientais, que nesta versão orienta sobre a consideração de todo o ciclo de vida do produto ou serviço durante a avaliação de aspectos ambientais, ciclo de vida que é definido pela própria norma como sendo as etapas interligadas de um produto ou serviço desde a obtenção da matéria-prima até a destinação final (ABNT, 2015).

Além da perspectiva do ciclo de vida e os novos requisitos citados acima, a versão 2015 da ISO 14001 busca dar um foco maior em relação às versões anteriores em melhoria do desempenho ambiental, no abrandamento de potenciais efeitos adversos às condições ambientais das empresas, na comunicação às partes interessadas das informações ambientais e o maior engajamento da alta direção ao sistema de gestão ambiental (FERREIRA, 2018).

O objetivo da norma ISO 14001:2015 é prover para as organizações uma estrutura para a proteção do meio ambiente e possibilitar uma resposta às mudanças das condições ambientais em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas. Esta norma especifica os requisitos que permitem que uma organização alcance os resultados pretendidos e definidos em seu sistema de gestão ambiental (ABNT, 2015).

Além disso, a norma ISO 14001:2015 define que o nível de detalhamento e complexidade do SGA deve variar de acordo com o contexto da organização, do escopo de seu SGA, dos requisitos legais e outros requisitos, da natureza de suas atividades, produtos e serviços e compreendendo seus aspectos ambientais e impactos ambientais associados (ABNT, 2015).

Segundo CAMPESTRINI (2018), para a implementação de um SGA eficiente, é necessário que aconteça uma mudança na maneira de pensar em todos os integrantes da organização, e para que isso realmente ocorra, é fundamental que seja desenvolvido um programa de educação ambiental em todos os níveis e processos da empresa.

Conforme dados disponibilizados pelo ISO *Survey (2021)*, até o final do ano de 2019 o número de certificados válidos da ISO 14001 no Brasil era de 2969 representando 0,95% dos certificados válidos do mundo no mesmo período. A nível mundial os cinco países com maior número de certificados são: 1º China, 2º Japão, 3º Itália, 4º Espanha e em 5º o Reino Unido, em relação a classificação por setores industriais, o segmento de produção de metais aparece como o quarto do mundo com o maior número de certificações.

A base que sustenta um SGA dentro de uma organização é fundamentada no conceito *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), que segundo a norma ISO 14001:2015, pode ser descrito da seguinte forma:

- *Plan* (planejar): estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados, conforme a política ambiental da organização;
- *Do* (executar): implementar o que foi planejado;

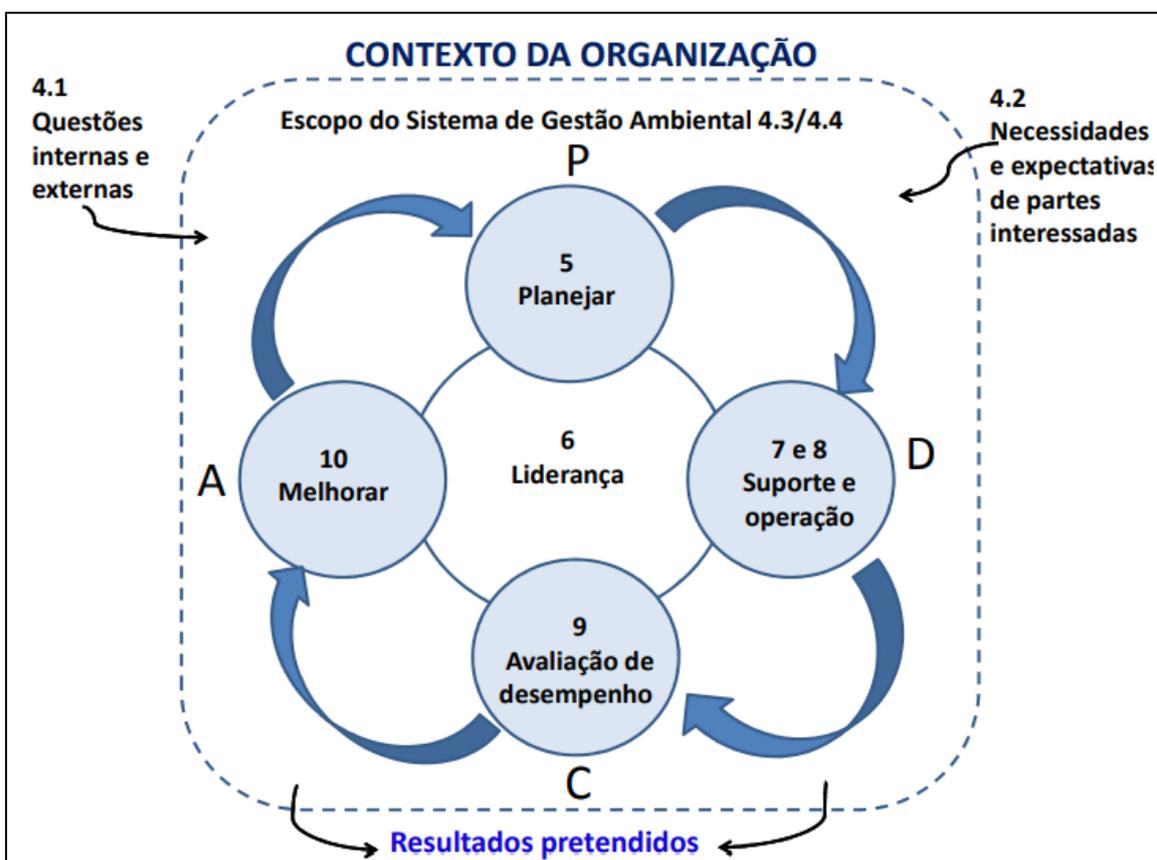
- *Check* (checar): monitorar e medir os processos conforme a política ambiental, incluindo objetivos, metas, requisitos legais, e informar resultados;
- *Act* (agir): implementar ações necessárias visando a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

Os princípios que estruturam um sistema de gestão ambiental baseados na ISO 14001:2015, através dos quais é possível verificar os avanços de uma empresa em termos de sua relação com o meio ambiente são (TANNO, 2018):

- Liderança;
- Planejamento;
- Suporte;
- Operação;
- Avaliação de desempenho;
- Melhoria.

A Figura 2 ilustra a relação entre o ciclo PDCA e os requisitos que estruturam a ISO 14001:2015:

Figura 2 - PDCA aplicado na estrutura da norma ISO 14001:2015



Fonte: Adaptado de ABNT (2015)

Ao nível de gestão ambiental, o novo requisito contexto da organização, define a necessidade de a organização estabelecer fatores internos e externos que sejam relevantes para o seu negócio e para o meio ambiente, os quais podem afetar a habilidade de atingir os resultados pretendidos pelo SGA. Exemplos de questões internas e externas podem ser os principais desenvolvimentos econômicos e mercadológicos que podem afetar a organização, inovações e desenvolvimentos tecnológicos, desenvolvimento de regulamentações, entre outros (CIESP, 2015).

Além disso, o requisito propõe que seja realizada a identificação das partes interessadas, por exemplo clientes, acionistas, governo, colaboradores, fornecedores, entre outros, e que seja definido as mais relevantes para a organização, entendendo suas necessidades e expectativas. Necessidades e expectativas que deverão ser classificadas, definindo quais são relevantes e, dentre estas, quais serão adotadas (CIESP, 2015).

O processo de entendimento da organização e de seu contexto proporcionará uma base sólida para a definição do escopo do sistema de gestão, orientação no momento da implementação, a manutenção e a busca pela melhoria contínua (CIESP, 2015).

#### 3.1.1.1 Liderança

Nesse item, a norma orienta sobre o comprometimento que se espera de uma organização em relação ao sistema de gestão ambiental e a implementação de uma política ambiental. Definindo que a Alta Direção é responsável por construir uma política ambiental baseada no contexto organizacional, visando o desempenho ambiental, atendimento aos requisitos legais e outros requisitos, prevenindo impactos ambientais negativos e melhorando continuamente seu sistema de gestão ambiental (ABNT, 2015).

De acordo com Lucena (2002), o principal requisito do SGA é a definição de uma política ambiental por parte da Alta Direção. Pois é considerada uma declaração do compromisso por parte da organização, em relação aos seus princípios e propósitos perante o meio ambiente e o comprometimento em cumprir as legislações vigentes.

### 3.1.1.2 Planejamento

Além do estabelecimento dos objetivos ambientais, no item planejamento, a norma propõe que a organização deva planejar ações para abordar riscos e oportunidades sobre seus aspectos e impactos ambientais significativos, requisitos legais e outros requisitos, bem como em outros fatores externos e internos relacionados ao contexto da organização.

A identificação de riscos e oportunidades é uma das principais novidades da versão 2015 da ISO 14001, o objetivo desse requisito é mapear qualquer ponto que possa influenciar na capacidade de alcance dos resultados pretendidos pela organização. Considerando a abordagem como uma ação para que seja possível antecipar potenciais cenários e consequências, agindo de maneira preventiva para evitar que ocorram situações indesejadas, e identificar circunstâncias favoráveis que possam resultar em uma vantagem ou resultado positivo (CIESP, 2015).

Ainda no requisito planejamento, a norma especifica a abordagem de aspectos ambientais dentro do escopo definido pelo SGA, considerando uma perspectiva de ciclo de vida.

De acordo com França (2016), o levantamento de aspectos e impactos ambientais é uma das principais fases de implementação de um SGA, nesta fase é necessário que a organização leve em consideração a identificação de todas as atividades, mudanças em seu processo, produto ou serviço, situações normais, anormais ou de emergências, a fim de determinar os aspectos que podem ter um impacto ambiental significativo, e para tal avaliação é necessário o uso de critérios estabelecidos.

França (2016) ressalta que o bom desenvolvimento de um SGA está diretamente relacionado a um processo eficaz de levantamento de aspectos e impactos ambientais, pois é desta maneira que a organização irá definir quais controles serão priorizados, quantificar seus riscos ambientais e fazer com que esta ferramenta seja um dos pontos principais da melhoria contínua.

### 3.1.1.3 Suporte

O objetivo do item suporte ou apoio é determinar os recursos necessários ao SGA, como delegar competências, garantir a conscientização organizacional, reter

informação documentada, e estabelecer um processo eficiente de comunicações internas e externas pertinentes à organização (D'ÁVILA, 2018).

#### 3.1.1.4 Operação

Nesse item, a norma aponta para a necessidade da elaboração de controles operacionais dentro dos processos de uma organização para atendimento aos requisitos do SGA, ou seja, tal requisito requer que ocorra o planejamento, execução e controle dos processos, internos ou subcontratados, necessários para garantir a eficácia do SGA e que sejam ainda coerentes com a perspectiva do ciclo de vida. Sendo esses controles fundamentais para a identificação de falhas que possam ocasionar qualquer efeito indesejado (FREITAS, 2017).

Na operação também é abordado a necessidade de reter informação documentada, por exemplo procedimentos que contenham o planejamento de preparação e resposta às situações de emergência, envolvendo a necessidade de treinamento para capacitação de recurso humano para atuar em tais situações, o requisito menciona ainda que é de responsabilidade da organização tomar ações para prevenir ou reduzir as consequências de situações de emergências (ABNT, 2015).

#### 3.1.1.5 Avaliação de desempenho

Neste item pode-se visualizar o resultado e a eficiência do SGA, por meio do estabelecimento, monitoramento e análise de indicadores ambientais definidos como parte da medição do desempenho ambiental, estabelece também a necessidade de realização de auditorias internas em intervalos pré-definidos com objetivo de avaliar a conformidade do SGA em todos seus requisitos.

Requer a avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros requisitos, retendo informação documentada como evidência do resultado dessas avaliações e por último a realização de análises críticas pela Alta Direção, com objetivo de verificar o desempenho do SGA em todo seu escopo de aplicação definido na estrutura organizacional (ABNT, 2015).

### 3.1.1.6 Melhoria

A última etapa do ciclo PDCA, etapa de agir, é representada na norma ISO 14001:2015 pelo item melhoria, que busca orientar as organizações em relação às medidas a serem tomadas para tratar não conformidades que venham de alguma maneira afetar a integridade do SGA; além de propor ações necessárias que possam colaborar e promover o desenvolvimento da melhoria contínua em todos os processos de uma organização, aumentando seu desempenho ambiental (CIESP, 2015).

### 3.1.2 Benefícios do sistema de gestão ambiental

Segundo Achon (2008), uma organização que implementa um SGA transmite um comportamento dinâmico e eficiente em suas ações, estabelece limites e desafios. Desta maneira, define seus indicadores de desempenho, melhora sua gestão ambiental e buscar atingir seus objetivos perante a política ambiental definida, consequentemente tornando-se cada vez mais competitiva dentro do mercado de atuação e fazendo com que todos seus colaboradores, terceiros ou qualquer que seja a parte interessada, sejam envolvidos pelo SGA.

Os benefícios podem ser diversos, dependendo das expectativas, necessidades e da busca de uma organização. De uma maneira geral, a organização é responsável por avaliar todos os fatores, sejam eles internos ou externos, os quais está exposta, para assim visualizar todos os seus ganhos junto ao SGA (CAVALINI, 2008).

Harrington e Knight (2001) descrevem alguns benefícios para a organização a partir da implementação de um SGA:

- a exigência do mercado de atuação – a implementação de um SGA pode tornar-se uma condição para possíveis negócios;
- conformidade com a legislação ambiental aplicável ao seu negócio – um SGA proporciona uma maneira padronizada e documentada para conduzir e demonstrar a gestão de conformidade reguladora;
- incentivos a investimentos e benefícios fiscais por órgãos reguladores – existem legislações que oferecem benefícios às organizações que implementam um SGA;

- controle sobre os riscos ambientais – um SGA eficaz é garantia de boa gestão de riscos, possibilitando identificar e realizar o controle destes sistemicamente;
- redução de custos e facilitação de acesso às seguradoras – as seguradoras podem considerar a implementação de um SGA como um sinal da preocupação da organização com seu desempenho ambiental;
- otimização do desempenho dos processos e da competitividade – uma análise sistemática utilizada para levantar aspectos e impactos ambientais e para definir objetivos e metas, traça um caminho à uma produção mais eficiente, reduzindo o desperdício de matéria-prima e o consumo de energia, consequentemente os processos são reavaliados;
- eficiência e melhoria do desempenho ambiental – a partir do momento em que são definidos objetivos e metas na busca por um bom desempenho ambiental, e seus resultados são analisados criticamente, o resultado é a melhoria;
- redução de desperdícios e geração de novas receitas – processos mais eficientes proporcionam aumento de competitividade, redução de custos de produção e aumento de lucros e receitas.
- homologação e avaliação diferenciada de fornecedores – garantia de aquisição de matéria-prima de fornecedores comprometidos com o desenvolvimento sustentável;
- melhoria do relacionamento com as partes interessadas – a implementação de um SGA eficaz pode ser a chave para atender as expectativas de clientes, fornecedores e acionistas;
- imagem positiva perante a sociedade em geral – uma organização reconhecida por seu SGA e pelo seu bom desempenho ambiental, ganhará um maior destaque no meio público em relação a outras organizações.

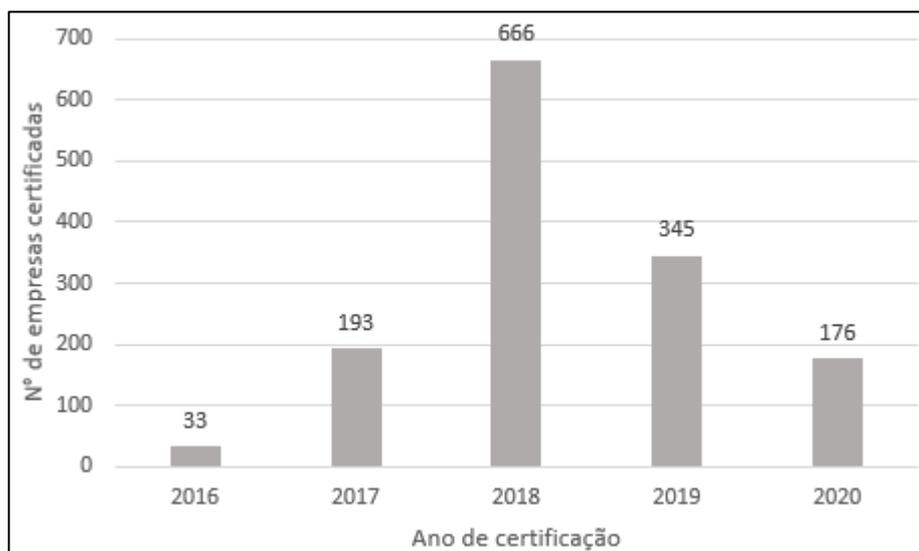
De acordo com Souza (2009), mais importante que as razões que levam organizações a implementar um SGA, seja por desempenho ambiental, redução de riscos ou até mesmo a obtenção de benefícios, são os resultados positivos que essa ação irá proporcionar ao meio ambiente.

Seiffert (2006) considera que a certificação de um sistema de gestão ambiental pela ISO 14001 é fundamental para organizações que visam estar presentes em um contexto de mercado globalizado por meio do avanço em relação ao seu desempenho

ambiental, sendo isso um fator determinante quando se pensa em competitividade, seja qual for o segmento de atuação.

A Figura 3, mostra o quantitativo anual de empresas que se certificaram na norma ISO 14001:2015 no período de 2016 a 2020 no Brasil.

Figura 3 - Empresas certificadas ISO 14001: 2015 (2016 a 2020)



Fonte: INMETRO (2021)

É possível identificar através da Figura 3, que em 2018 ocorreu um significativo aumento do número de empresas certificadas na norma, isto pode ser explicado pelo fato de um ciclo de certificação durar três anos, logo boa parte das organizações que eram certificadas na versão anterior da norma, buscaram a nova versão após encerrar o último ciclo da ISO 14001:2004. E a redução significativa do número de certificações em 2020, é também um dos reflexos do atual cenário de pandemia que acabou por eclodir no mundo todo no início deste mesmo ano.

Ferreira & Gerolamo (2016), constataram em seu estudo sobre sustentabilidade empresarial, que as empresas brasileiras certificadas ISO 14001 apresentaram ganhos consideráveis em três principais dimensões, a economia ambiental, a diminuição de impactos ambientais e a relação socioambiental. E de acordo com o mesmo estudo, o atendimento às legislações e requisitos legais é a principal motivação para organizações adotarem a ISO 14001, refletindo diretamente na dimensão econômica, visto que o não cumprimento de legislações ambientais pode culminar em multas e até mesmo a paralisação de um processo produtivo, além dos possíveis impactos ambientais.

### 3.2 Aspectos e impactos ambientais

A identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais é um dos pilares de um sistema de gestão ambiental e pode ser considerado como uma parte vital para o seu bom funcionamento. A importância deste item é tamanha que se pode dizer que a eficácia de todo o SGA está diretamente ligada à qualidade da execução deste trabalho (SOUZA, 2009).

Segundo a norma ISO 14001:2015, entende-se por aspectos ambientais, os elementos das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que estão em interação ou podem interagir com o meio ambiente. A mesma norma conceitua impacto ambiental como sendo qualquer modificação no meio ambiente, seja ela adversa ou benéfica, resultante dos aspectos ambientais (ABNT, 2015).

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (1986) é considerado impacto ambiental qualquer interferência, física, química ou biológica no meio ambiente, levadas como resultado do sistema produtivo humano, que tem consequências na saúde, segurança, bem-estar da população, seja entre os seres humanos como também nos biomas.

O levantamento de aspectos ambientais dentro de uma organização, deve ser realizado considerando todas as entradas e saídas dos processos definidos no escopo do SGA, ou seja, desde a matéria-prima recebida, até o atendimento pós entrega do produto ou serviço ao cliente. Em todo o processo de identificação dos aspectos ambientais devem ser consideradas condições normais, anormais e emergenciais de operação (CAVALINI, 2008).

Condições normais referem-se as atividades de rotina em uma operação, que são conduzidas regularmente, condições anormais e emergenciais são aquelas oriundas de um estado não regular de operação, consideradas esporádicas, como por exemplo atividades de manutenção em um equipamento que parou de funcionar por falhas mecânicas (CAVALINI, 2008).

Durante a identificação dos aspectos ambientais é importante que a organização considere a perspectiva de ciclo de vida, não necessariamente de forma detalhada, mas demonstrando cuidado e atenção para os estágios que podem ser controlados ou influenciados pela organização, os estágios típicos do ciclo de vida de um produto, compreende a compra de matéria-prima, o projeto, a produção,

embalagem, transporte, entrega, uso, tratamento pós-uso e destinação final (ABNT, 2015).

Campestrini (2018) afirma que o levantamento de aspectos ambientais deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar e que tenha na liderança um responsável pela implementação do SGA na organização, ressalta que é fundamental a participação das pessoas que executam as atividades nos processos analisados, pois são elas que detêm um maior conhecimento sobre aquele ambiente e a rotina no mesmo.

Os aspectos ambientais podem resultar em mais de um impacto ambiental significativo e resultar em riscos e oportunidades que devem ser abordados para garantir que a organização possa assegurar os resultados pretendidos pelo seu sistema de gestão ambiental (ABNT, 2015).

Os aspectos ambientais significativos devem ser controlados através de ações que sejam capazes de reduzir seus efeitos ao meio ambiente, diminuindo assim a probabilidade de ocorrência de um impacto ambiental negativo (CAVALINI, 2008).

O impacto ambiental pode ser classificado de natureza benéfica, quando apresenta benefícios ao meio ambiente, ou adversa quando resulta em algum tipo de dano ou degradação ambiental. Todo o impacto adverso deve ser analisado quanto a sua relevância para que seja determinado como significativo ou não (BESSANI; CUBAS; PROCOPIAK, 2011).

De acordo com Sanchez (2013), o conceito de avaliação de impacto ambiental passou a ter várias interpretações ao longo do tempo e diferentes métodos de análise, procedimentos ou ferramentas para que se fosse possível descrever os impactos ambientais causados por determinada atividade. Ressalta ainda que esse trabalho não é realizado unicamente para classificar os impactos de acordo com seu grau de significância, mas sim uma etapa fundamental para a elaboração de um estudo mais complexo em benefício do meio ambiente.

A avaliação de impacto ambiental consiste em uma ferramenta de auxílio para que ocorra uma tomada de decisão mais assertiva em relação aos impactos causados pelas atividades executadas em uma organização, resultando assim em ações de prevenção, a correção de falhas e em soluções que sejam mais eficientes e eficazes (MOREIRA, 1985).

Logo, pode-se considerar que o levantamento de aspectos e impactos ambientais consiste no recolhimento de dados e informações em um determinado

local a ser monitorado e que tem por objetivo relacionar a causa do impacto ambiental ao seu respectivo aspecto, buscando assim identificar quais são os controles existentes, caso existam, e levantar ações corretivas para minimizar ou até mesmo eliminar o impacto ambiental (TANNO, 2018).

Atualmente existem metodologias para a análise dos aspectos e impactos ambientais de acordo com o seu grau de significância, dentre elas destacam-se algumas, como a ferramenta LAIA – Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais, que consiste em um estudo que classifica os aspectos e impactos ambientais a partir de alguns critérios estabelecidos, como situação operacional, incidência, classe, época, severidade, probabilidade entre outros (VEIGA, 2016).

Outros estudos utilizaram a metodologia de Moreira (2001), Assunção (2004) e Seifert (2006) para classificação dos aspectos ambientais, como foi o caso do estudo realizado por Salami (2013) na avaliação dos aspectos e impactos ambientais na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, os critérios estabelecidos para a classificação dos aspectos foram classe, temporalidade, situação operacional e responsabilidade pela geração, determinando por meio de escala de valores a significância dos aspectos/impactos ambientais identificados.

Entretanto, uma das metodologias mais aplicadas é a FMEA – Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos, derivado do inglês *Failure Mode and Effects Analysis*. Segundo Vandenberg (1998) a aplicação do FMEA para a classificação de aspectos e impactos ambientais visa definir em um grau de escala decrescente, quais as prioridades no momento de planejar ações para prevenir ou corrigir falhas que possam ocasionar possíveis impactos ambientais.

### 3.2.1 A utilização do método FMEA

Segundo Felix (2018) a metodologia FMEA surgiu no final da década de 1940 a partir da necessidade do exército norte-americano em realizar análises para identificar falhas em equipamentos. Entretanto foi no início dos anos 60, a partir da indústria aeroespacial, que critérios começaram a ser estabelecidos para análise e minimização dos riscos voltados para processos industriais, expandindo o uso da ferramenta e a tornando cada vez mais conhecida.

De acordo com Matos e Milan (2009), o FMEA é um método analítico que tem como princípio identificar os possíveis modos de falha e determinar o efeito de cada

uma em relação ao desempenho de um processo, produto ou sistema, identificando e priorizando as falhas, apontando a gravidade de cada uma, e dando suporte para a elaboração de planos de ações para solucionar os problemas detectados.

Atualmente, a metodologia FMEA é utilizada em inúmeras situações, como por exemplo a busca pelo aumento da satisfação de clientes, a redução de tempo e custo para desenvolvimento de novos produtos, elaboração de planos para controle de processos recentemente estabelecidos e a classificação de aspectos e impactos ambientais (OLIVEIRA, 2011).

Vandenbrande (1998) foi um dos responsáveis por adaptar a metodologia FMEA para a aplicação no estudo de aspectos e impactos ambientais, segundo o autor, a avaliação de impactos ambientais de atividades é fundamental, mas ser capaz de priorizar ações para minimizar impactos adversos é ainda mais importante, e isso é possível a partir da aplicação de uma análise do tipo FMEA.

Para Senna (2012) a aplicação da FMEA em um sistema de gestão ambiental possibilita a identificação das causas de falhas potenciais relacionadas ao meio ambiente, para análise de possíveis riscos ambientais, constitui-se em um método simples para classificar aspectos e impactos ambientais a partir de um grau de prioridade, definindo assim quais são os mais significativos, e quando possível e necessário, estabelecer medidas preventivas e corretivas.

Andrade e Turrioni (2000) definem em seu estudo os principais passos para a aplicação do FMEA em um levantamento de aspectos e impactos ambientais:

- a) a definição de uma equipe responsável, é interessante que tal atividade seja realizada por uma equipe multidisciplinar;
- b) definição dos itens do SGA que serão considerados, ou seja, qual será o escopo da avaliação dos riscos ambientais;
- c) preparação prévia para a coleta de dados, elaborar um checklist com os principais pontos para facilitar a identificação dos aspectos ambientais;
- d) pré-filtragem dos aspectos ambientais a serem considerados, são filtros que a organização deve estabelecer em relação aos aspectos que serão considerados para o estudo, excluindo fatores externos por exemplo a prestação de serviços de terceiros;
- e) identificação do processo e as atividades a serem analisadas, ou seja, a caracterização da área onde serão identificados os aspectos ambientais;

- f) identificação dos aspectos e impactos ambientais, consiste no levantamento de aspectos e impactos ambientais nas áreas definidas na etapa anterior;
- g) identificação das causas das falhas, nesta etapa é identificada a possível causa de danos ambientais decorrente da atividade realizada;
- h) identificação dos controles atuais aplicados, esta etapa visa evidenciar quais aspectos são monitorados e controlados de alguma maneira pela organização, e quais são as formas de controle utilizadas;
- i) determinação dos índices de criticidade, é aplicação dos critérios do FMEA para a classificação dos aspectos/impactos ambientais, que são eles: gravidade do impacto, ocorrência da causa e grau de detecção;
- j) análise dos riscos ambientais e planos de ações, é o momento de verificar quais serão as situações priorizadas a partir da classificação dos aspectos e impactos ambientais e traçar planos de ações que podem ser preventivas ou corretivas;
- k) revisão do plano de ação, nesta etapa deverá ser realizada uma análise de eficácia em relação as ações que foram planejadas e executadas, para verificar se realmente foram capazes de reduzir o risco ambiental;
- l) revisão do FMEA sempre que necessário, a organização deve estabelecer uma periodicidade para visitar o estudo realizado, bem como determinar as alterações do processo que podem influenciar ou impactar no atual levantamento, buscando garantir que ele esteja sempre condizente com a realidade.

### **3.3 Produção de alumínio**

O alumínio é um dos metais não ferrosos mais valiosos do setor metalúrgico, foi na Escola de Minas de Ouro Preto-MG, nos Anais de 1928, onde surgiram as primeiras referências sobre Alumínio no Brasil, logo despontando também duas iniciativas concorrentes para iniciar a produção de alumínio: a Alquisa – Eletro Química Brasileira S/A, de Ouro Preto e a CBA – Companhia Brasileira de Alumínio, de Alumínio-SP, registros da época apontam que nesse período foi realizada, com muito suor dos pioneiros, a produção dos primeiros quilos de alumínio que seriam utilizados para diversos segmentos, obviamente longe de suprir toda a demanda, que

naturalmente dependia quase que exclusivamente do mercado de importações (ABAL, 2019).

Desta maneira foi dado o primeiro passo de um mercado gigantesco atualmente, e que depende cada vez mais de tecnologias inovadoras para que os processos ao longo das cadeias produtivas tornem-se cada vez mais sustentáveis.

### 3.3.1 Reciclagem de alumínio

Além da extração do minério da Bauxita, o Alumínio pode seguir na cadeia produtiva através de sua reciclagem, considerado infinitamente reciclável por não perder suas propriedades físico-químicas, o alumínio é o primeiro nome lembrado quando o assunto é a reciclagem de metais.

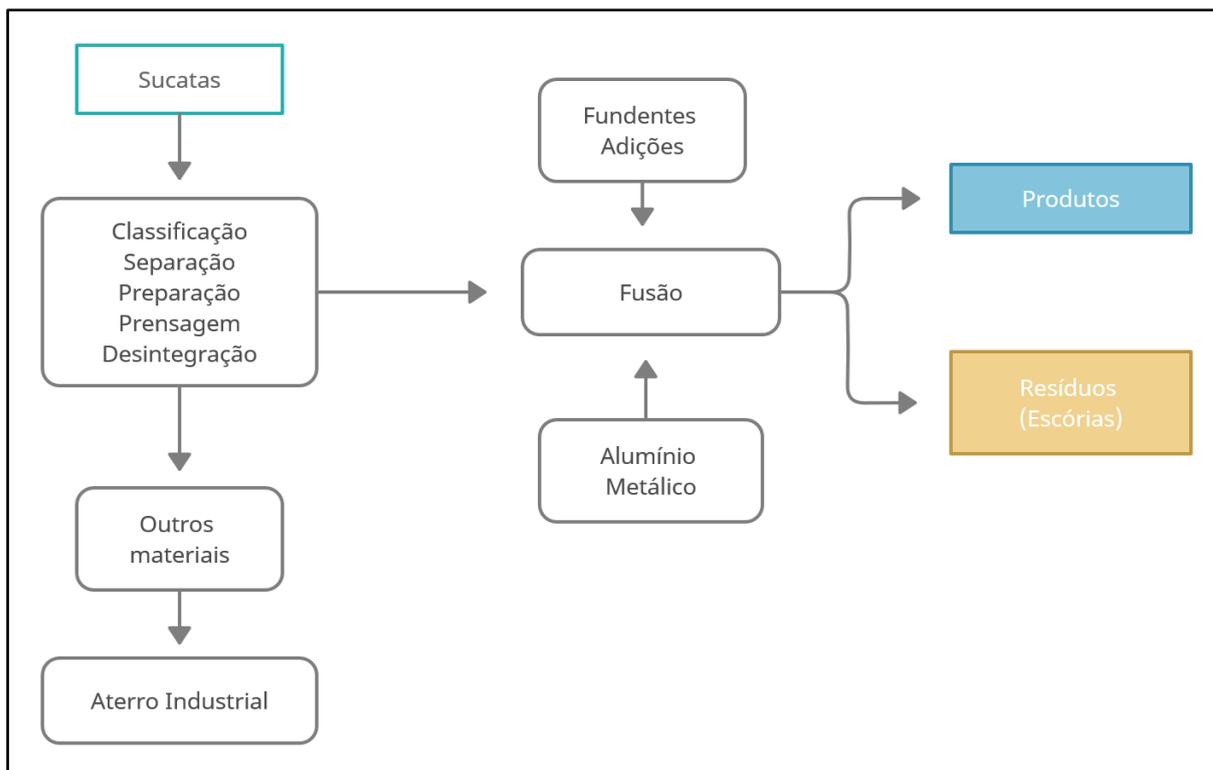
O alumínio pode ser reciclado tanto a partir de sucatas com a vida útil considerada esgotada, quanto pelas suas sobras dentro dos próprios processos produtivos, alguns exemplos são utensílios domésticos, placas de automóveis, latas de bebidas, entre outros materiais que podem ser fundidos e retornar novamente para o mercado como novos produtos (ABAL, 2019).

Atualmente o mercado de reciclagem de alumínio no Brasil apresenta resultados muito positivos, em 2020 foram recicladas 391,5 mil toneladas de latas de alumínio, ou, aproximadamente 31 bilhões de unidades, em termos de consumo representa a reciclagem de 97,4% das latas comercializadas ao longo de 2020, colocando o Brasil como um dos países que mais reciclam latas de alumínio no mundo (ABRALATAS, 2021).

Além de impactar positivamente ao meio ambiente, o processo de reciclagem do alumínio utiliza apenas 5% da energia elétrica necessária para a sua produção quando extraído diretamente da bauxita (ABAL, 2019).

O processo industrial de reciclagem de alumínio pode ser ilustrado conforme o fluxograma da Figura 4:

Figura 4 - Fluxograma do processo de reciclagem do alumínio



Fonte: ABAL (2019)

### 3.4 Manutenção industrial e meio ambiente

Conforme a norma NBR 5462 (ABNT, 1994) pode-se definir como manutenção a combinação de todas as ações técnicas e/ou administrativas, incluindo as de gestão, designadas a manter ou restituir um item em um determinado estado no qual possa estar apto a desempenhar uma função atribuída.

Os principais objetivos de um processo de manutenção dentro de uma indústria estão diretamente voltados para o aumento da disponibilidade das máquinas, da confiabilidade dos equipamentos, da otimização ao atendimento da segurança operacional, da valorização do trabalho em equipe, e por último, mas não menos importante a preservação ambiental (VIANA, 2002).

Diante deste cenário, as questões ambientais são de grande interesse, elementos como a água, o ar e o solo destacam-se, visto que podem ser afetados de maneira negativa ao longo das atividades pertinentes à manutenção de máquinas e equipamentos industriais. Portanto, estas atividades, devem ser sempre executadas em conformidade com ações que minimizam qualquer tipo de perturbação ou alteração ambiental e até mesmo na saúde humana.

O processo de manutenção industrial é um dos grandes geradores de resíduos industriais, resíduo industrial pode ser classificado como o resíduo originado nas atividades dos diversos segmentos da indústria, tais como o metalúrgico, o químico, o petroquímico, da indústria alimentícia, farmacêutica etc. Logo o resíduo industrial é bastante variado, podendo ser representado por resíduos de óleos, graxas, lodos, vidro, papel, plástico, borrachas, entre outros, muitos destes considerados resíduos perigosos ou resíduos classe I pela NBR 10.004, exigindo tratamento e disposição especiais para eles, devido as suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (ABNT, 2004).

Além disso, a geração de resíduos sólidos está diretamente ligada com o SGA da organização, pois em seu requisito de controle operacionais, a própria ISO 14001, expõe a necessidade da implantação de controles de engenharia e procedimentos visando a redução e até mesmo a eliminação da geração de resíduos sólidos, um item que além da própria norma, é instituído pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos através da elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos (FERRAREZE; BAPTISTA; JUNIOR, 2018).

Por outro lado, a atuação assertiva de uma equipe de manutenção, pode evitar grandes danos ambientais, por exemplo a detecção de vazamentos, que constituem um dos mais significativos problemas industriais, a rápida contenção de vazamentos em equipamentos é fundamental para que se possa evitar que óleos lubrificantes ou qualquer outro tipo de substância química possa entrar em contato com o solo e/ou corpo hídrico, como consequência garantindo a preservação do meio ambiente, conservação de energia e também a redução de custos (OTANI; MACHADO, 2008).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização do empreendimento**

A indústria metalúrgica de produção de alumínio, objeto desse estudo, iniciou suas atividades no ano de 1997, com uma produção mensal de aproximadamente 20 toneladas de alumínio.

Atualmente a indústria ocupa uma área construída de 32.800m<sup>2</sup> divididos em três barracões industriais e um bloco administrativo que conta com um refeitório (Figura 5). Possui geração de energia elétrica própria, a partir de uma PCH – pequena

central hidrelétrica. São produzidas aproximadamente 700 toneladas de alumínio ao mês, e conta com um quadro de cerca de 300 colaboradores.

Figura 5 - Localização da área de estudo

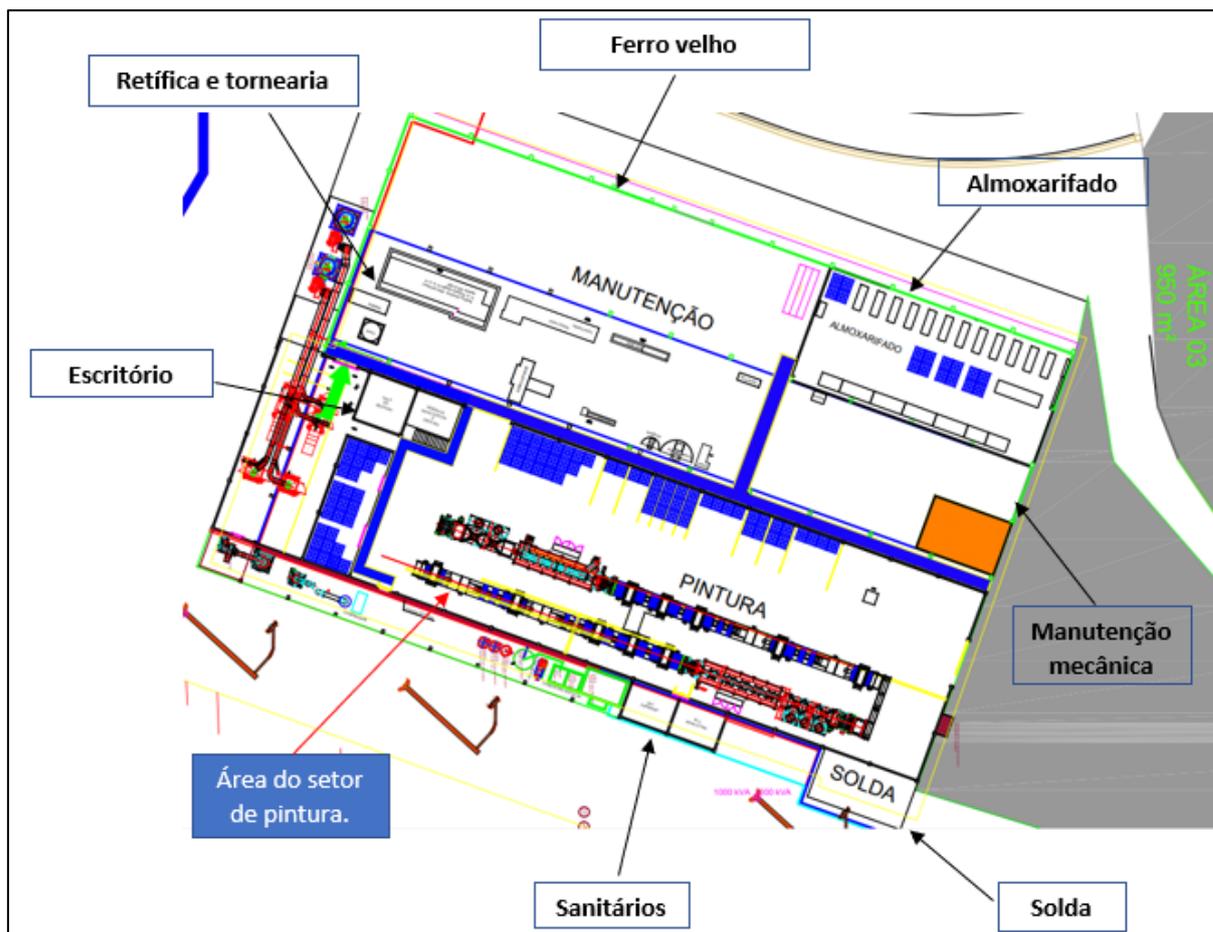


Fonte: Google Earth (2021)

O setor de manutenção industrial é formado por 36 colaboradores, sendo 1 gerente de manutenção, 1 supervisor de manutenção, 3 analistas, 1 assistente administrativo, 3 almoxarifes, e os 27 demais são profissionais responsáveis pelas manutenções mecânicas, elétricas, soldagem, retífica e tornearia.

O barracão onde está localizada a área de manutenção conta com área construída de 950m<sup>2</sup> dividido de acordo com as atividades desempenhadas pelo processo, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Planta da área de estudo



Fonte: Autoria própria (2021)

O processo de manutenção industrial é composto por 6 atividades distintas, sendo elas: retífica, tornearia, solda, almojarifado, administrativo e manutenção mecânica, além destas, para o presente estudo também foram consideradas as áreas de armazenamento de ferro velho e os sanitários utilizados pelos colaboradores do processo, conforme identificados na Figura 6. No mesmo barracão está localizada a linha de pintura, que faz parte de outro processo e não está no escopo deste estudo.

O barracão é uma área fechada e coberta e as atividades são executadas de maneira simultânea durante dois turnos de trabalho.

#### 4.1.1 Retífica

Na atividade de retífica ocorre a usinagem de cilindros que são utilizados no processo de laminação, processo responsável por definir a espessura das chapas de alumínio, a retífica tem como objetivo retirar do cilindro possíveis rugosidades e outras

irregularidades em sua superfície, garantindo os parâmetros ideais de trabalho conforme especificações, na Figura 7 é possível identificar a máquina de retífica e na Figura 8 o cilindro usinado.

Figura 7 - Retificadora de cilindros



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8 - Cilindros para retífica



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.2 Tornearia

A atividade de tornearia é composta por duas máquinas chamadas de torno que realizam a usinagem de diversas ferramentas e peças de equipamentos utilizados na indústria, o processo de tornearia pode ser utilizado tanto para reparo de peças,

como confecção de peças novas. O torno funciona em um movimento de rotação onde as peças a serem trabalhadas giram em torno de seu próprio eixo. O objetivo principal da atividade de tornearia é recuperar e aumentar a vida útil das ferramentas utilizadas no processo de produção do alumínio, na Figura 9 é possível observar um dos tornos utilizados na atividade.

Figura 9 - Máquina de torno



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.3 Solda

A atividade de solda tem o objetivo de unir determinados tipos de metais através do derretimento das peças a partir de uma fonte de energia, neste processo é utilizado o gás argônio, a soldagem serve para fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas metálicas utilizadas na indústria.

A soldagem é realizada na parte externa do barracão de manutenção industrial, em área coberta, com abertura em um dos lados, conforme Figura 10.

Figura 10 - Área de solda



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.4 Almojarifado

O almojarifado do processo de manutenção tem como funções realizar o recebimento, armazenamento, controle de estoque e distribuição de materiais adquiridos para utilização no processo, peças novas, ferramentas, produtos químicos, produtos em geral, componentes de máquinas e equipamentos, entre outros, a Figura 11 ilustra a área de armazenamento e estoque.

Figura 11 - Área de almojarifado



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.5 Administrativo

As atividades administrativas são realizadas em uma sala fechada e climatizada, o ambiente é destinado para os postos de trabalho dos analistas, supervisor, gerente de manutenção e assistente administrativo, são executadas atividades de planejamento de manutenção preventivas, corretivas, preditivas, processamento de solicitações de serviços, controle de indicadores, reuniões, entre outras, a Figura 12 ilustra os coletores de resíduos localizados na área.

Figura 12 - Coletores de resíduos da área administrativa



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.6 Manutenção mecânica

Na atividade de manutenção mecânica são realizados serviços de mecânica em geral, como lubrificação de peças e equipamentos, manutenção de empilhadeiras, cortes de metais na serra semi-automática, recuperação de peças danificadas, além de atividades esporádicas conforme demanda, a Figura 13 mostra o local onde são armazenados produtos lubrificantes, como graxas e desengripantes.

Figura 13 - Armazenamento de lubrificantes



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.1.7 Ferro velho

O ferro velho é composto por uma área do barracão de manutenção utilizada para armazenamento de peças e equipamentos considerados sem vida útil, os materiais ficam armazenados no local até que seja definido um destino, que pode ser o descarte, ou a venda para outros segmentos, o local está ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Ferro velho



Fonte: Autoria própria (2021)

## 4.2 Procedimentos metodológicos

O estudo foi realizado ao longo do primeiro semestre de 2021, e faz parte do processo de implementação do sistema de gestão ambiental da organização, seguindo as diretrizes da norma ISO 14001:2015 e o planejamento estratégico para certificação em um médio prazo.

A escolha do processo de manutenção industrial para desenvolvimento deste trabalho ocorreu por meio de análise junto à equipe do sistema de gestão integrado da organização, que pontuou a área como uma das mais relevantes e críticas no que diz respeito ao controle de aspectos e impactos ambientais, pelo fato de as atividades realizadas no processo serem consideradas as que mais geram resíduos sólidos em toda a organização e ainda muitos deles necessitam de um descarte especial devido a sua classificação de acordo com a NBR 10.004.

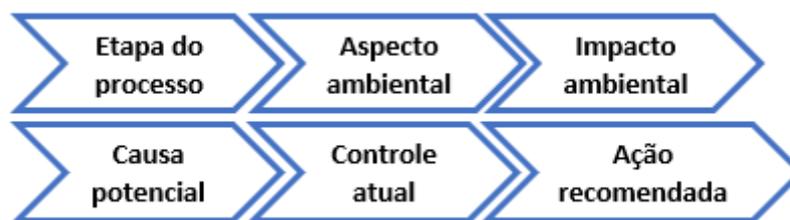
Foram efetuadas visitas técnicas ao processo ao longo do estudo, com o objetivo de identificar todas as etapas e atividades do processo, conforme item 4.1, para isso foi solicitado o suporte e acompanhamento de um dos responsáveis pelo setor. Em seguida foram identificadas as entradas e saídas das atividades executadas no processo e posteriormente foi realizado o levantamento dos aspectos e impactos ambientais.

Após realizado o acompanhamento das atividades in loco no processo, os dados coletados foram tabulados em planilhas de *Excel* para seguir com as etapas de classificação dos aspectos e impactos ambientais.

O presente estudo teve como base a aplicação da metodologia de análise FMEA – Análise do tipo e efeito de falha (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), fundamentado nos modelos de Cerezini, Amaral e Polli (2016) e Andrade e Turrioni (2000) adaptado para este trabalho. O FMEA aplicado por Andrade e Turrioni (2000) foi o mesmo utilizado por Maciel e Freitas (2013), que elaboraram um estudo sobre os impactos ambientais causados por postos de combustível, da mesma maneira aplicado por Freitas (2017), que realizou o levantamento de aspectos e impactos ambientais em uma indústria metalúrgica.

Para a realização do estudo, o mapeamento das etapas foi definido conforme o fluxo ilustrado na Figura 15:

Figura 15 - Fluxo do levantamento de aspecto e impacto ambiental



Fonte: Autoria própria (2021)

Foram consideradas todas as etapas do processo de manutenção para a realização do estudo. Durante o mapeamento das etapas foram identificadas as entradas e saídas (insumos, produto, resíduos).

A identificação dos aspectos ambientais iniciou com a caracterização de todas as atividades realizadas. Todos os aspectos ambientais foram levados em consideração e registrados, mesmo aqueles que possuem um controle interno ou que apresentam baixa magnitude ou pequena probabilidade de ocorrência.

Para cada aspecto ambiental identificado foram relacionados seus possíveis impactos ambientais caso nenhuma ação de controle seja aplicada. Para cada impacto ambiental foi relacionado a sua causa potencial de acordo com o aspecto identificado.

Foram identificados todos os controles atuais aplicados pela organização para prevenir a ocorrência de um impacto ambiental a partir de seus respectivos aspectos. Posteriormente, foram sugeridas algumas ações, visando contribuir com a melhoria do processo já realizado.

#### 4.2.1 Aplicação da análise FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

Para este estudo, o FMEA foi aplicado a partir dos dados coletados *in loco* no processo de manutenção industrial, seguindo os seguintes critérios: Gravidade (G), Ocorrência (O) e Detecção (D).

Os critérios para classificação de prioridade ambiental estão definidos na Tabela 1:

Tabela 1 - Índices de criticidade FMEA

<b>Índices de criticidade</b>	<b>Conceito</b>
Gravidade de risco (G)	Relaciona-se a significância do impacto ao meio ambiente.
Ocorrência da causa (O)	Probabilidade de ocorrência de uma específica causa de impacto ambiental.
Grau de detecção (D)	Relação entre a detecção e a solução de uma causa potencial de um impacto ambiental.

Fonte: Adaptado de Freitas (2017)

O critério de gravidade (G), que avalia a gravidade de um impacto ambiental foi definido em uma escala de 1 a 5 (Tabela 2). O critério ocorrência (O) da causa potencial também foi definido em uma escala de 1 a 5 (Tabela 3) e o critério detecção (D) que é a relação entre a detecção e a solução de uma ocorrência foi definido em uma escala de 1 a 10 (Tabela 4).

Tabela 2 - Parâmetros para classificação do critério Gravidade (G).

<b>Índice</b>	<b>Descrição</b>
1	Muito baixa para ocasionar um impacto ao meio ambiente.
2	Impacto baixo ou muito baixo sobre o meio ambiente.
3	Prejuízo moderado ao meio ambiente.
4	Sérios prejuízos à saúde das pessoas diretamente envolvidas nas atividades de operação.
5	Sérios riscos ao meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Andrade e Turrioni (2000)

Tabela 3 - Parâmetros para classificação do critério Ocorrência (O).

<b>Índice</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Descrição</b>
1	Remota	Ocorrência improvável ou anual.
2	Baixa	Ocorrência semestral.
3	Moderada	Ocorrência mensal.
4	Alta	Ocorrência semanal.

5 Muito Alta Ocorrência diária.

Fonte: Adaptado de Andrade e Turrioni (2000)

Tabela 4 - Parâmetros para classificação do critério Detecção (D).

Índice	Descrição
1	Detecção rápida e solução rápida.
2	Detecção rápida e solução a médio prazo.
3	Detecção a médio prazo e solução rápida.
4	Detecção rápida e solução a longo prazo.
5	Detecção a médio prazo e solução a médio prazo.
6	Detecção a longo prazo e solução rápida.
7	Detecção a médio prazo e solução a longo prazo.
8	Detecção a longo prazo e solução a médio prazo
9	Detecção a longo prazo e solução a longo prazo.
10	Sem detecção e/ou sem solução. (Sem controle)

Fonte: Adaptado de Andrade e Turrioni (2000)

- NPA – Número de Prioridade Ambiental

Multiplicando os valores obtidos para os três critérios estabelecidos obtém-se o resultado final da metodologia, que é o NPA – Número de Prioridade Ambiental, fornecendo em uma escala hierarquizada a relevância de cada aspecto/impacto analisado variando no intervalo de 1 a 250.

Desta forma, a partir da relevância obtida em cada um dos aspectos analisados, é possível decidir quais as ações devem ser priorizadas para evitar ou reduzir a ocorrência de um possível impacto ambiental.

O Quadro 1 mostra a planilha elaborada para classificação dos dados coletados, os maiores NPA's de cada atividade estão destacados em vermelho nos quadros de classificações.

Quadro 1 - Planilha usada para levantamento dos aspectos e impactos ambientais.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA

Fonte: Adaptado de Cerezini, Amaral e Polli (2016)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises realizadas a partir das atividades descritas no processo de manutenção industrial, foram incorporados os aspectos e impactos ambientais, assim como as causas potenciais, formas atuais de controle adotadas pela organização, e as ações recomendadas oriundas das visitas técnicas realizadas e da avaliação dos resultados obtidos.

Para análise dos resultados foram abordados os aspectos ambientais identificados, com ênfase nas principais causas potenciais que apresentaram maiores Número de Prioridade Ambiental (NPA). Seguindo a ideia de definição de prioridades, que é um dos benefícios da aplicação da metodologia FMEA.

### 5.1 Classificação dos aspectos e impactos ambientais

#### 5.1.1 Avaliação da atividade de retífica

Na atividade de retífica foram encontrados sete aspectos ambientais, como mostra o Quadro 2.

A execução da atividade de retífica demanda um elevado consumo de fluídos de corte, óleos e graxas, que são utilizados para resfriamento e lubrificação, respectivamente, durante o processo. Conseqüentemente são adotadas algumas medidas para evitar a dispersão dessas substâncias no local, como por exemplo a utilização de papelão, panos e estopas para limpeza e contenção.

Quadro 2 – Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de retífica.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
Retífica	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Máquinas com baixa eficiência energética.	5	Geração de energia própria a partir da PCH	4	Projeto para aquisição de equipamentos mais eficientes	40
			1	Falta de iluminação natural.	5	Geração de energia própria a partir da PCH	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética	10
	Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	5	Cavacos de cobre e de aço	5	Resíduos são vendidos	3	Aumentar o espaço para armazenamento do resíduo	75
			5	Papelão contaminado com resíduo de óleo	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
			5	Embalagens de óleos, graxas e fluídos de corte	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
			5	EPI's descartados	5	Coletor específico para descarte de EPI's	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	50
			5	Panos e estopas contaminadas com óleos e graxas	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
	Consumo de água	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	1	Consumo irracional de água	5	Estabelecida meta de consumo de água	2	Adotar campanha de economia de água	10
	Emissões atmosféricas	Poluição atmosférica e danos à saúde humana	4	Geração de vapores pelo aquecimento do fluído de corte	5	Utilização de máscaras	1	Orientação operacional sobre o uso da máscara	20
	Utilização de produtos químicos	Poluição hídrica, do solo, e atmosférica	5	Manipulação e uso inadequado	5	Disponibilização da FISPQ de todos os produtos químicos.	2	Treinamento operacional no PAE	50
	Vazamento de óleo	Poluição hídrica e do solo	5	Máquinas danificadas	3	Kit de contenção de derramamento de óleo	2	Manutenção preventiva das máquinas	30

	Ruído	Poluição sonora	4	Não haver controle do ruído para os meios internos e externo	5	Uso de EPI's, PPRA, monitoramento periódico com decibelímetro, relatório de impacto de vizinhança por ruído.	1	Uso correto de EPI's, manutenção preventiva da máquina.	20
--	-------	-----------------	---	--	---	--	---	---	----

Fonte: Autoria própria (2021)

O número de prioridade ambiental (NPA) mais alto encontrado na atividade foi de 100, para o aspecto de geração de resíduos sólidos, foram identificadas três causas potenciais para o aspecto com este mesmo NPA, sendo elas os panos e estopas contaminadas com óleos e graxas; embalagens de óleos, graxas e fluídos de corte; e papelão contaminado com resíduo de óleo.

O NPA foi elevado devido a gravidade do impacto (G), que apresenta categoria cinco (5), ou seja, pode ocasionar sérios riscos ao meio ambiente, além da ocorrência (O) ser diária, categoria cinco (5) novamente, de acordo com os critérios estabelecidos. Isso se deve principalmente pelo volume de resíduos contaminados pelas substâncias citadas, e pelo descarte, que muitas vezes é inadequado, a Figura 16 mostra um papelão contaminado com óleo, utilizado no piso em frente à retífica.

Figura 16 – Papelão contaminado com óleo



Fonte: Autoria própria (2021)

Os resíduos contaminados são resultantes do aspecto de utilização de produtos químicos, que obteve NPA de 50, devido a manipulação e o consumo elevado para a realização da atividade. Além do controle atual que é a disponibilização da FISPQ

juntamente com os produtos, a ação recomendada é um treinamento operacional no plano de atendimento às emergências com produtos químicos, já implantado pela organização, porém áreas como a manutenção se faz necessário uma reciclagem.

O segundo NPA mais alto encontrado foi de 75, novamente para o aspecto de geração de resíduos sólidos, devido aos cavacos de cobre e de aço gerados na atividade de retífica. Principalmente pelo cobre ser classificado como um metal pesado, é fundamental que ocorra o correto armazenamento do resíduo, no local foi observado a caixa para armazenamento totalmente ocupada e resíduos de cobre espalhados pelo piso, como mostra a Figura 17. Atualmente a organização realiza a venda do resíduo, por ter um valor de mercado considerável.

Figura 17 - Descarte de cavacos de cobre



Fonte: Autoria própria (2021)

Apesar de a organização ter um programa de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) e um programa ambiental de coleta seletiva, como formas de controle, ficou evidente a necessidade de um treinamento de conscientização operacional sobre a importância em descartar corretamente os resíduos, sendo essa ação como a prioritária para a atividade de retífica.

Vale destacar a eficiência do atual controle adotado pela organização em relação aos aspectos de ruído e emissões atmosféricas, com NPA de 20 para ambos, considerado o segundo mais baixo para a atividade, fato esse decorrente da correta utilização de EPI's (máscaras e protetor auricular) por parte dos colaboradores.

Portanto, seguindo a ordem de priorização conforme os NPA's obtidos, os dois principais aspectos a serem monitorados e controlados na atividade de retífica são: geração de resíduos sólidos e utilização de produtos químicos.

### 5.1.2 Avaliação da atividade de tornearia

Nessa atividade foram identificados oito aspectos ambientais, como mostra o Quadro 3.

Um deles é a geração de efluentes, devido a utilização de substâncias líquidas para a detecção de falhas e descontinuidades na superfície das peças trabalhadas, que posteriormente são removidas com água. Outro aspecto é a geração de resíduos sólidos, oriunda principalmente de mantas contaminadas com aditivos e óleos e do descarte de EPI's utilizados pelos colaboradores, como luvas de látex e polínil. Além disso, ocorre a utilização de óleos nas máquinas de torno, muitas vezes sujeito a vazamentos devido a algumas partes estarem danificadas.

O consumo de água e energia elétrica também são aspectos ambientais da atividade de tornearia, assim como a utilização de produtos químicos, ruídos e emissões atmosféricas.

Quadro 3 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de tornearia.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
Tornearia	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Máquinas com baixa eficiência energética	5	Geração de energia própria a partir da PCH	4	Projeto para aquisição de equipamentos mais eficientes	40
			2	Falta de iluminação natural	5	Geração de energia própria a partir da PCH	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética	20

Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	3	Restos de matéria-prima	5	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	2	Evitar espalhamento do resíduo, descartar em coletor específico temporário para posteriormente levar a central de resíduos	30
		5	Embalagens de produtos químicos	4	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	2	Adotar logística reversa	40
		5	EPI's descartados	5	Coletor específico para descarte de EPI's	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	50
		5	Mantas e papelão, contaminados com aditivos e óleos	5	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
Consumo de água	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	1	Consumo irracional de água	5	Estabelecida meta de consumo de água	2	Adotar campanha de economia de água	10
Geração de efluentes	Poluição e alteração da qualidade hídrica e do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora	5	Utilização de líquidos para detecção de discontinuidades superficiais	5	Armazenamento em tambores para destinação correta do efluente.	4	Conscientização operacional para evitar o derramamento do efluente	100
Vazamento de óleo	Poluição hídrica e do solo	5	Máquinas danificadas	3	Kit de contenção de derramamento de óleo	5	Manutenção preventiva das máquinas	75
Utilização de produtos químicos	Poluição hídrica, do solo, e atmosférica	5	Manipulação e uso inadequado	5	Disponibilização da FISPQ de todos os produtos químicos	2	Treinamento operacional no PAE	50
Emissões atmosféricas	Poluição atmosférica	4	Utilização de spray aerossol revelador de porosidades e trincas	5	Utilização de máscaras para uso do spray	1	Evitar a aplicação do produto sem o uso de máscara	20
		3	Emissão de material particulado	5	Nenhum	6	Realizar medição atm no processo	90
Ruído	Poluição sonora	4	Não haver controle do ruído para os meios internos e externo	5	Uso de EPI's, PPRA, monitoramento periódico com decibelímetro, relatório de impacto de vizinhança por ruído	1	Uso correto de EPI's, manutenção preventiva dos tornos	20

Fonte: Autoria própria (2021)

A geração de efluentes e a geração de resíduos sólidos foram os aspectos ambientais da atividade de tornearia que apresentam maior NPA, ambos com 100.

A geração de efluentes foi classificada como um aspecto que requer prioridade na atividade, devido ao efluente não ser tratado pela organização, o resíduo líquido é armazenado em tambores para posterior coleta de uma empresa terceira especializada em descarte e tratamento de efluentes e resíduos perigosos. Durante o uso e manuseio, tem-se o risco de derramamento do efluente, até mesmo o vazamento nos tambores, logo, como uma ação preventiva, foi recomendado a conscientização operacional, para que ocorra a correta manipulação do efluente, a fim de evitar um possível impacto ambiental por despejo inadequado.

O NPA de 100 para a geração de resíduos sólidos, teve como a principal causa potencial o consumo elevado de papelão e mantas para conter a dispersão de resíduos de óleos e graxas na atividade, o índice de gravidade (G) teve valor de cinco (5), podendo resultar em sérios riscos ao meio ambiente, bem como observado que a ocorrência (O) do aspecto é diária, logo, uma ação recomendada é a realização de treinamento para conscientização operacional sobre o correto descarte do resíduo.

Os restos de matéria-prima da atividade é mais uma causa potencial da geração de resíduos sólidos, com NPA de 30, número baixo pelo fato de que existe um local apropriado para o descarte, ou seja, as ações de controle da organização para o resíduo foram consideradas eficazes. A Figura 18 mostra o correto descarte do resíduo, que após é destinado para as caçambas na central de resíduos.

Figura 18 - Descarte de restos de matéria-prima da atividade de tornearia.



Fonte: Autoria própria (2021)

O vazamento de óleo obteve NPA de 75, devido a sua gravidade (G) ter recebido índice cinco (5) e pela detecção (D) ocorrer em médio prazo, postergando também a execução de ações de contenção. Os vazamentos estão diretamente ligados ao fato de os tornos serem máquinas antigas e a falta de manutenção preventiva. A Figura 19 mostra um vazamento detectado na máquina.

Figura 19 - Vazamento de óleo no torno.



Fonte: A autoria própria (2021)

A organização disponibiliza kit de contenção de derramamento de óleo para que seja feita a remoção dos resíduos e como ação recomendou-se a realização de manutenção preventiva nas máquinas.

As emissões atmosféricas da atividade é outro aspecto ambiental que requer atenção, obteve NPA de 90, a utilização de fluido de corte, quando em contato com as peças trabalhadas, emite gases com material particulado, que atualmente não possui nenhum monitoramento ou controle, dificultando assim a sua detecção (D), terceiro critério de classificação do NPA, e que pode causar danos, tanto para o meio ambiente, quanto à saúde dos colaboradores, como ação foi recomendada a realização de medições atmosféricas na atividade, afim de detectar quais são os índices de material particulado liberados no ambiente.

Assim, para a atividade de tornearia são quatro os principais aspectos a serem tratados como prioridade: a geração de efluentes, a geração de resíduos sólidos, vazamentos de óleo e emissões atmosféricas.

### 5.1.3 Avaliação da atividade de solda

Nessa atividade foram encontrados oito aspectos ambientais, conforme mostra o Quadro 4.

Além dos riscos ao meio ambiente, todos os processos de soldagem envolvem muitos riscos à saúde dos colaboradores, estes podendo ser classificados em riscos físicos e químicos. Logo, cada um deles deve ser identificado e ações devem ser tomadas para minimizá-los. A atividade é realizada em uma área aberta do barracão, como uma maneira de reduzir a exposição direta dos colaboradores aos gases emitidos durante o processo.

Quadro 4 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de solda.

<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL</b>									
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>			<b>CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE</b>						
<b>ETAPA DO PROCESSO</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>GRAVIDADE (G)</b>	<b>CAUSA POTENCIAL</b>	<b>OCORRÊNCIA (O)</b>	<b>CONTROLE ATUAL</b>	<b>DETECÇÃO (D)</b>	<b>AÇÃO RECOMENDADA</b>	<b>NPA</b>
<b>Solda</b>	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Máquinas com baixa eficiência energética.	5	Geração de energia própria a partir da PCH.	4	Projeto para aquisição de equipamentos mais eficientes.	40
	Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	2	Descarte de materiais recicláveis (diversos)	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	20
			5	EPI's descartados	5	Coletor específico para descarte de EPI's	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	50
			5	Embalagens de produtos químicos	4	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	40

			3	Descarte de lixas usadas	4	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	1	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	12
			3	Descarte de materiais metálicos (escória)	5	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	5	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	75
Emissões atmosféricas	Poluição atmosférica e danos à saúde humana	4	4	Fumos metálicos e gases oriundos do processo de soldagem	5	Utilização de EPI's para execução da atividade	4	Realizar medição atmosférica no processo	80
Consumo de gases combustíveis	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	2	Utilização de gás argônio e gás GLP	5	Nenhum	4	Implantar indicador de consumo de gás	40
Utilização de produtos químicos	Poluição hídrica, do solo, e atmosférica	5	5	Manipulação e uso inadequado	5	Disponibilização da FISPQ de todos os produtos químicos.	2	Treinamento operacional no PAE	50
Emissão de luz e radiação não ionizante	Poluição visual e danos à saúde	4	4	Soldagem com arco elétrico	5	Utilização de EPI's para execução da atividade	7	Evitar a exposição em excesso	140
Manipulação de produtos inflamáveis	Risco de incêndios	5	5	Consumo de gás GLP	5	Disponibilização de extintores no ambiente	4	Adequar o armazenamento de acordo com a NBR 17505	100
Ruído	Poluição sonora	4	4	Não haver controle do ruído para os meios internos e externo	5	Uso de EPI's, PPRA, monitoramento periódico com decibelímetro, relatório de impacto de vizinhança por ruído.	1	Uso correto de EPI's, manutenção preventiva dos tornos.	20

Fonte: Autoria própria (2021)

A emissão de luz e radiação não ionizante gerou um NPA de 140, o maior encontrado para a atividade de solda, devido principalmente aos impactos à saúde humana. A detecção (D) do aspecto obteve o índice de sete (7), pelas dificuldades de sua identificação, o que resulta em uma solução a longo prazo.

Durante a soldagem, a radiação do arco pode provocar queimaduras na córnea, a luz emitida pela atividade pode causar queimaduras, assim como as provocadas pela radiação do sol. Portanto, é fundamental que os responsáveis por realizar a atividade usem corretamente todos os EPI's disponibilizados pela organização e evitem a exposição direta às emissões.

A manipulação de produtos inflamáveis recebeu um NPA de 100, correspondente ao segundo maior da atividade, o aspecto tem como causa potencial a utilização de gás GLP, que causam riscos de incêndios se não manipulados ou armazenados da maneira adequada. Foi verificado a disponibilização de extintores na área, como uma forma de controle, porém o armazenamento não é realizado da forma correta, logo a ação recomendada foi de adequar o armazenamento conforme a NBR 17505 que dispõe sobre o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis.

Outro aspecto ambiental da soldagem são as emissões atmosféricas, com NPA de 80, foi o terceiro maior da atividade, a causa potencial evidenciada é a geração de fumos metálicos e gases oriundos da solda. Os fumos metálicos são metais vaporizados e volatilizados durante a soldagem, que ao se resfriarem formam com o oxigênio partículas finas. A exposição por parte dos colaboradores a esse poluente pode ter consequências à longo prazo, como o surgimento de doenças respiratórias, e até mesmo câncer de pulmão. Para o meio ambiente, a poluição atmosférica é o impacto ambiental identificado, caso os níveis de emissões sejam elevados e não controlados.

A organização disponibiliza todos os EPI's necessários para a execução da atividade e como ação recomendada, sugere-se a medição atmosférica no local, a fim de detectar quais são os níveis de emissões liberadas no ar.

A geração de resíduos sólidos assim como em todas as outras atividades, também é um aspecto ambiental da solda, o maior NPA para o aspecto foi de 75, devido a causa potencial ser o descarte de materiais metálicos, também chamados de escória de soldagem (Figura 20), a NBR 10004/2004 classifica este resíduo como classe IIA, ou seja, resíduos não inertes e não perigosos. A organização define em seu PGRS a disposição correta para o resíduo e disponibiliza coletores para o correto descarte no local.

Figura 20 - Escória de soldagem



Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, após a aplicação do FMEA, dos oito aspectos ambientais identificados na atividade, quatro devem ser priorizados de acordo com o NPA obtido, são eles: a emissão de luz e radiação não ionizante, a manipulação de produtos inflamáveis, as emissões atmosféricas e a geração de resíduos sólidos.

#### 5.1.4 Análise da atividade de almoxarifado

Na atividade do almoxarifado da manutenção foram encontrados sete aspectos ambientais, conforme mostra o Quadro 5.

A atividade de almoxarifado é uma das principais geradoras de resíduos recicláveis do processo de manutenção, devido a quantidade de embalagens de diversos produtos que são adquiridos e destinados para estoque. Além disso, o almoxarifado é responsável pelo estoque de produtos químicos e inflamáveis utilizados, caracterizando outro aspecto ambiental.

Quadro 5 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de almoxarifado.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
Almoxarifado	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Falta de iluminação natural.	5	Geração de energia própria a partir da PCH	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética.	20
			2	Consumo de energia nos computadores	5	Geração de energia própria a partir da PCH	1	Configurar computadores para economizar energia elétrica	10
	Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	2	Descarte de resíduos recicláveis	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	20
			3	Consumo de copos descartáveis	5	Coletor para descarte exclusivo	4	Substituir o uso de copos descartáveis por copos individuais reutilizáveis.	60
			5	EPI's descartados	5	Coletor específico para descarte de EPI's	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	50
			5	Descarte de lâmpadas fluorescentes	3	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	5	Adotar programa de logística reversa	75
			5	Descarte de resíduos eletrônicos	3	Coleta realizada pela prefeitura municipal	2	Adotar programa de logística reversa	30
			3	Entrada e saída de caminhões de carga	5	Nenhum	4	Solicitar laudo de opacidade dos caminhões transportadores	60
	Ruído	Poluição sonora	2	Entrada e saída de caminhões de carga	5	Nenhum	1	Recomendar uso de protetor auricular ao responsável pelo recebimento de cargas	10
	Armazenamento de produtos químicos	Poluição hídrica, do solo, e atmosférica	5	Armazenamento inadequado de produtos químicos	5	Disponibilização da FISPQ de todos os produtos químicos.	7	Armazenamento, identificação e manuseio conforme NBR 14725	175

	Armazenamento de produtos inflamáveis	Risco de incêndios e explosão	5	Armazenamento inadequado de produtos inflamáveis	5	Disponibilização de extintores no ambiente	4	Adequar o armazenamento de acordo com a NBR 17505	100
	Derramamento de óleo	Poluição hídrica e do solo	5	Armazenamento inadequado de óleos e graxas	3	Kit de contenção de derramamento de óleo	7	Instalação de bacias de contenção	105

Fonte: Autoria própria (2021)

O armazenamento de produtos químicos gerou o maior NPA entre os aspectos ambientais encontrados no almoxarifado, NPA de 175, o número elevado é consequência da gravidade (G), e da ocorrência (O), os critérios foram classificados com a maior pontuação dos seus índices, que é igual a cinco (5), além do índice sete (7) para a detecção (D), que devido às condições do local, não é possível detectar facilmente o impacto, e que se acaso venha a ocorrer, a solução será a longo prazo.

Foi observado situações de armazenamento inadequado dos produtos químicos, muitos misturados com outros tipos de produtos, sem um local exclusivo, vulneráveis a ocorrências de manipulação indevida ou até mesmo o uso indevido. No almoxarifado as FISPQ's não são armazenadas no mesmo local onde ficam produtos. Devido a isso, a ação recomendada para a atividade é adequar o estoque dos produtos químicos conforme a NBR 14725 que dispõe sobre informações de saúde, segurança e meio ambiente relacionada à produtos químicos.

Além dos produtos químicos, os derramamentos de óleos são frequentes na área de almoxarifado, gerou um NPA de 105, segundo maior para a atividade, em virtude muitas vezes da sua dificuldade de detecção (D), que resultou no índice de sete (7) para o critério, caracterizando um impacto com detecção a médio prazo e solução a longo prazo, de acordo com a sua classificação.

O local de armazenamento é coberto e com piso impermeabilizado, os óleos e graxas são armazenados no chão e em prateleiras, porém não existe nenhum tipo de caixa de contenção. A Figura 21 mostra como são armazenados os óleos no almoxarifado, evidenciando a falta de um controle para emergências.

Figura 21 - Armazenamento de óleos



Fonte: A autoria própria (2021)

A partir da análise do aspecto, recomenda-se a instalação de bacias de contenção nos locais onde ficam armazenados os óleos e graxas, como uma forma de evitar que as substâncias entrem em contato com o solo, caso venha a ocorrer um vazamento.

A exposição dos produtos inflamáveis é outro aspecto do almoxarifado que recebeu um alto NPA, igual a 100, devido principalmente a falta de um local adequado para o armazenamento, foi avistado durante as visitas, produtos inflamáveis armazenados em galões depositados por diversos pontos do ambiente, além dos cilindros de gases GLP para abastecimento das empilhadeiras, que fica em um local afastado do almoxarifado. Neste caso recomenda-se adequar o armazenamento dos produtos conforme a NBR 17505 que dispõe sobre o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis.

Em um outro ambiente da organização foi possível identificar que está sendo construído um local apropriado para o armazenamento dos produtos inflamáveis, conforme mostra a Figura 22.

Figura 22 - Barracão para armazenamento de produtos químicos em construção.



Fonte: Autoria própria (2021)

Outro aspecto que se exige atenção na atividade de almoxarifado é a geração de resíduos sólidos, principalmente o descarte de lâmpadas fluorescentes, que teve um NPA de 75, conforme o Quadro 5. No local foi possível observar um volume elevado de lâmpadas descartadas, trazidas de outros ambientes da organização. As lâmpadas são coletadas pela prefeitura do município para que seja dada a destinação final adequada, como ação recomenda-se a implementação da logística reversa para as lâmpadas descartadas, conforme o proposto pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

É importante destacar que a logística reversa é considerada o retorno dos materiais ao setor empresarial após o uso do consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (TANNO, 2018). A Figura 23 mostra as lâmpadas descartadas na área de almoxarifado.

Figura 23 - Armazenamento de lâmpadas descartadas.



Fonte: Autoria própria (2021)

Em virtude da atividade de recebimento de materiais, outro aspecto ambiental do almoxarifado são as emissões atmosféricas, obteve um NPA de 60, caracterizado pela entrada e saída de caminhões responsáveis pelo transporte dos materiais adquiridos para o processo de manutenção. Como atualmente não existe nenhum tipo de controle para tal aspecto, foi recomendado a solicitação dos laudos de opacidade dos caminhões junto às transportadoras, esses laudos são certificados emitidos a partir do monitoramento e medição da fumaça preta emitida por caminhões movidos à diesel.

Sendo assim, os principais aspectos ambientais identificados na área de almoxarifado de acordo com o número de prioridade ambiental (NPA) obtido foram: armazenamento de produtos químicos, vazamentos de óleo, armazenamento de produtos inflamáveis, geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

#### 5.1.5 Análise da atividade de manutenção mecânica

Nessa atividade foram encontrados sete aspectos ambientais, conforme mostra o Quadro 6.

Entre eles está a geração de resíduos sólidos, proveniente de restos de materiais ferrosos e não-ferrosos, também chamados de sobras de matéria-prima,

além do descarte de EPI's usados, embalagens de óleos e graxas, panos e estopas contaminados, entre outros resíduos específicos da execução diária da atividade.

Quadro 6 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade de manutenção mecânica.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
Manutenção mecânica	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Falta de iluminação natural	5	Geração de energia própria a partir da PCH	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética	20
			2	Máquinas com baixa eficiência energética	5	Geração de energia própria a partir da PCH	4	Projeto para aquisição de equipamentos mais eficientes.	40
	Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	5	Descarte de lâmpadas fluorescentes	2	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	5	Adotar logística reversa	50
			5	EPI's descartados	5	Coletor específico para descarte de EPI's	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	50
			2	Descarte de resíduos recicláveis	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	20
			5	Descarte de panos e estopas contaminadas com óleo	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
			5	Descarte de embalagens de óleos e graxas	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
			5	Embalagens de produtos químicos diversos	4	Acondicionamento e descarte conforme PGRS	2	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	40
			3	Consumo de copos descartáveis	5	Coletor para descarte exclusivo	2	Substituir o uso de copos descartáveis por copos	30

							individuais reutilizáveis.		
			5	Descarte de resíduos ferrosos e não ferrosos	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	4	Conscientização operacional sobre o correto descarte de resíduos	100
Consumo de água	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	1	Consumo irracional de água	5	Estabelecida meta de consumo de água	2	Adotar campanha de economia de água	10	
Utilização de produtos químicos	Poluição hídrica, do solo, e atmosférica	5	Manipulação e uso inadequado	5	Disponibilização da FISPQ de todos os produtos químicos.	2	Treinamento operacional no PAE	50	
Vazamento de óleo	Poluição hídrica e do solo	5	Máquinas danificadas	3	Kit de contenção de derramamento de óleo	5	Manutenção preventiva das máquinas	75	
Ruído	Poluição sonora	4	Não haver controle do ruído para os meios internos e externo	5	Uso de EPI's, PPRA, monitoramento periódico com decibelímetro, relatório de impacto de vizinhança por ruído.	1	Uso correto de EPI's, verificar possíveis controles para máquinas que emitem maiores índices de ruído	20	
Emissões atmosféricas	Poluição atmosférica	4	Utilização de spray aerossol lubrificante (desengripantes)	5	Utilização de máscaras para uso do spray	1	Evitar a aplicação do produto sem o uso de máscara	20	

Fonte: Autoria própria (2021)

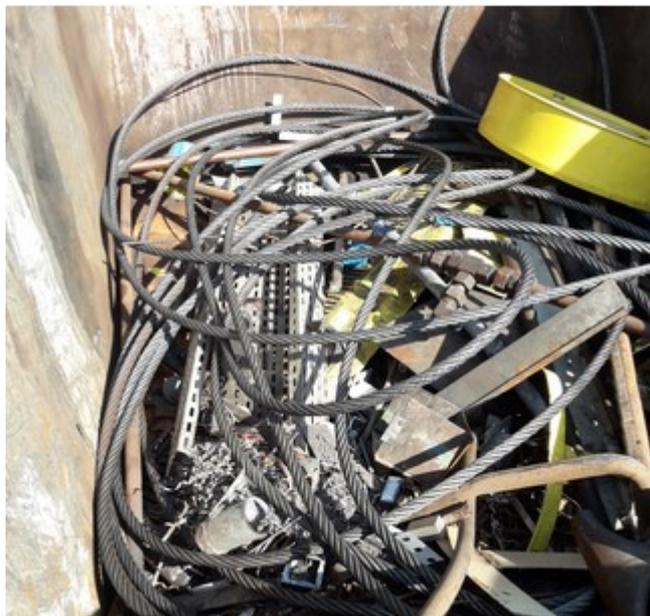
A geração de resíduos sólidos foi classificada como o principal aspecto ambiental da manutenção mecânica, o NPA de 100 foi o maior obtido para a atividade, ocorrendo em três causas potenciais, o descarte de resíduos ferrosos e não-ferrosos, o descarte de embalagens de óleos e graxas, e o descarte de panos e estopas contaminadas.

A partir dessa percepção a pontuação cinco (5) adotada para a gravidade (G) diz que o impacto pode causar sérios riscos ao meio ambiente; a ocorrência (O) do aspecto nas três causas potenciais se revelou muito alta, ocorrendo diariamente e por isso o índice cinco (5). A detecção (D) do aspecto é rápida, mas com solução a longo prazo caso não controlado, a ela se atribuiu o valor quatro (4), conforme os critérios estabelecidos.

Os resíduos ferrosos e não-ferrosos são gerados das manutenções realizadas em máquinas e equipamentos, muito em função da substituição de peças e componentes danificados, o resíduo é depositado em caçamba apropriada para o

descarte, como mostra a Figura 24, posteriormente é recolhida por uma empresa contratada, que é responsável por destinar corretamente o resíduo.

Figura 24 - Caçamba de resíduos ferrosos e não-ferrosos



Fonte: A autoria própria (2021)

O consumo elevado de óleos e graxas para lubrificação das máquinas, têm por consequência a geração de resíduos, identificados na atividade como panos e estopas contaminados e as próprias embalagens dos produtos. Os panos e as estopas são descartados em coletores apropriados, disponibilizados no ambiente, como mostra a Figura 25, porém, foi observado que o descarte não é realizado corretamente, encontrando panos no chão, em cima de ferramentas e até mesmo no descarte de resíduos recicláveis.

Figura 25 - Coletor para descarte de estopas e panos.



Fonte: Autoria própria (2021)

A atividade de manutenção mecânica possui todos os controles necessários para o descarte apropriado de resíduos, conforme visto no ambiente e citado no PGRS da organização, porém como uma ação recomendada, sugere-se um treinamento sobre coleta seletiva para todos os colaboradores que atuam na atividade, com o objetivo de que o descarte ocorra de maneira mais adequada e eficiente, mas principalmente buscando conscientizar para a redução da geração de resíduos.

O segundo maior NPA da atividade de manutenção mecânica foi de 75, para o aspecto de vazamentos de óleo, que se não controlado pode causar a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Conforme citado anteriormente, o consumo de óleo é elevado na atividade, além das atividades gerais, ocorre a lubrificação e a troca de óleo de empilhadeiras, gerando acúmulo de óleos usados na área, ilustrado na Figura 26. O óleo é disposto em tambores de 200 litros e armazenado até o recolhimento da empresa terceira responsável pela destinação correta do resíduo.

Figura 26 - Recipiente com óleo usado.



Fonte: Autoria própria (2021)

O kit de contenção para derramamento de óleo está disposto na área da manutenção mecânica conforme mostra a Figura 27. Porém além desta ação de contenção, é importante que todas as empilhadeiras e máquinas que utilizam óleos passem por manutenção preventiva para garantir que não ocorram vazamentos.

Figura 27 - Kit de contenção de derramamento de óleo.



Fonte: Autoria própria (2021)

O kit de contenção é composto por mantas de absorção e serragem, para ser espalhada no local do derramamento, como uma forma de evitar a maior dispersão do produto.

Portanto, para a etapa de manutenção mecânica dois aspectos foram caracterizados como os principais de acordo com o NPA obtido, sendo eles a geração de resíduos sólidos e os vazamentos de óleo. Desta maneira, foi possível identificar que as ações de manutenção preventiva das máquinas e a conscientização dos colaboradores em relação ao descarte adequado de resíduos, devem ser priorizadas pela organização nessa atividade.

#### 5.1.6 Análise da atividade administrativa (escritório)

Na atividade administrativa foram encontrados apenas dois aspectos ambientais, conforme mostra o Quadro 7.

O ambiente é destinado para a equipe responsável por planejar, definir estratégias, servir de suporte, além de fazer a gestão de todo o processo de manutenção industrial da organização.

O consumo de energia elétrica é um dos aspectos ambientais identificados na atividade, o local é equipado por computadores para execução das tarefas administrativas diárias e climatizado por ar-condicionado.

O segundo aspecto da atividade é a geração de resíduos sólidos, que pode ser caracterizada pelo consumo de papéis, plásticos, descarte de resíduos eletrônicos, copos descartáveis entre outras causas potenciais.

Quadro 7 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da atividade administrativa.

<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL</b>									
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>			<b>CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE</b>						
<b>ETAPA DO PROCESSO</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>GRAVIDADE (G)</b>	<b>CAUSA POTENCIAL</b>	<b>OCORRÊNCIA (O)</b>	<b>CONTROLE ATUAL</b>	<b>DETECÇÃO (D)</b>	<b>AÇÃO RECOMENDADA</b>	<b>NPA</b>
<b>Atividade administrativa (escritório)</b>	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	3	Utilização de ar-condicionado	5	Manutenção periódica do ar-condicionado	1	Diminuir a frequência de uso	15
			1	Falta de iluminação natural.	5	Geração de energia própria a partir da PCH.	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética.	10

			2	Consumo de energia nos computadores	5	Geração de energia própria a partir da PCH.	1	Configurar computadores para economizar energia elétrica	10
Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica/ Poluição do solo/ Danos à saúde / Danos à fauna e à flora / Diminuição vida útil dos aterros	5	Descarte de lâmpadas fluorescentes	2	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	5	Adotar programa de logística reversa.	50	
		5	Descarte de resíduos eletrônicos	2	Coleta realizada pela prefeitura municipal	5	Adotar programa de logística reversa.	50	
		2	Geração de resíduos de plástico e papel.	4	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Campanhas de conscientização operacional.	16	
		3	Geração de resíduos orgânicos	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Disponibilizar coletor para resíduo orgânico	30	
		3	Consumo de copos descartáveis	5	Coletor para descarte exclusivo	4	Substituir o uso de copos descartáveis por copos individuais reutilizáveis.	60	

Fonte: Autoria própria (2021)

O consumo de copos descartáveis foi a causa potencial do maior número de prioridade ambiental (NPA) para o aspecto de geração de resíduos sólidos, obteve um NPA de sessenta (60). Se configurou da seguinte forma: a pontuação três (3) determinada para a gravidade (G), mostra que o impacto pode causar um prejuízo moderado ao meio ambiente; a ocorrência (O) do aspecto ambiental se revelou muito alta, pois a causa potencial ocorre diariamente, e por isso a classificação de cinco (5). A detecção (D) da atual forma de controle é rápida, mas com solução a longo prazo, a ela se atribuiu o valor de (4).

Os copos descartáveis não são descartados como recicláveis pela organização, logo é disponibilizado um coletor exclusivo para o descarte, conforme mostra a Figura 28, porém a geração deste resíduo é elevada, um fator que chamou a atenção durante a identificação dos aspectos da atividade.

Figura 28 - Descarte de copos descartáveis.



Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, é fundamental que seja tomado uma ação, substituir os copos descartáveis por copos individuais reutilizáveis é uma alternativa, bem como reforçar a campanha para que cada colaborador adote sua garrafa para o consumo de água e/ou uma caneca para o consumo de café.

A geração de resíduos eletrônicos e o descarte de lâmpadas fluorescentes foram as duas causas potenciais do segundo maior NPA do aspecto de geração de resíduos sólidos, caracterizando um NPA de cinquenta (50).

Obviamente a gravidade do impacto é maior que do consumo de copos descartáveis, pois os resíduos são classificados como perigosos, porém, para a atividade administrativa, a ocorrência destas causas potenciais é baixa, em média ocorre semestralmente. Como descrito anteriormente, sugere-se que seja adotada a logística reversa para a destinação destes resíduos.

Em relação ao consumo de energia elétrica, é importante ressaltar que a organização possui a sua própria PCH, logo o NPA para o aspecto foi classificado com índices menores, conforme mostrado anteriormente no Quadro 7.

### 5.1.7 Análise da área de ferro velho

Nessa área foram identificados três aspectos ambientais, mostrados no Quadro 8.

O local foi destinado pela organização para armazenar todos os equipamentos sucateados, danificados e sem utilização nas atividades. Os aspectos encontrados nesse ambiente estão diretamente ligados a falta de uma logística adequada para a destinação de máquinas desativadas.

Quadro 8 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais da área de ferro velho.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
<b>Ferro Velho</b>	Sucata ferrosa e não ferrosa acumuladas	Poluição hídrica e do solo/Contaminação local e atração de vetores	5	Acúmulo de materiais por longo período	5	Nenhum	4	Venda ou doação para ferro velho ou descarte ambientalmente correto	100
	Resíduos recicláveis acumulados	Poluição hídrica e do solo	3	Descarte inadequado de resíduos recicláveis	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Segregação dos resíduos para posterior destinação adequada; conscientização operacional	30
	Vazamento de óleo	Poluição hídrica e do solo	5	Armazenamento de máquinas com resíduos de óleos e graxas.	3	Kit de contenção de derramamento de óleo	5	Realizar limpeza do local e das máquinas antes do armazenamento	75

Fonte: Autoria própria (2021)

O NPA de 100 para as sucatas ferrosas e não ferrosas oriundas de máquinas obsoletas caracterizou o maior NPA para a área de ferro velho, o aspecto ambiental tem como causa potencial o acúmulo de materiais no local por um longo período, sem nenhum tipo de controle estabelecido pela organização.

A partir desse entendimento, a pontuação cinco (5) adotada para a gravidade (G) mostra que o impacto pode causar sérios riscos ao meio ambiente. A ocorrência (O) do aspecto ambiental se revelou muito alta, pois a causa potencial ocorre diariamente, e por isso a classificação cinco (5). A detecção (D) do aspecto ambiental é rápida, porém tem solução a longo prazo, obtendo uma pontuação de quatro (4), conforme os critérios estabelecidos pelo FMEA.

Desse modo, o aspecto sucatas ferrosas e não ferrosas acumuladas, relacionado ao armazenamento de máquinas obsoletas por um longo período no local, reveste-se da necessidade da tomada de uma ação, portanto foi recomendado que tais materiais sejam vendidos ou doados para um ferro-velho, ou que sejam descartados conforme Lei 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

O aspecto vazamento de óleo caracterizou o segundo maior NPA para o ambiente, obteve um índice de 75. Boa parte das máquinas destinadas no espaço carregam quantidades de óleos e graxas que podem se espalhar pelo local, muitas vezes com difícil detecção.

A organização fornece kit para contenção de derramamento de óleo, porém, por ser uma área considerada de descarte, muitas vezes ocorrem os vazamentos e nenhuma ação é tomada. Portanto, recomenda-se que no momento da destinação de máquinas obsoletas no ambiente, seja realizada uma inspeção para detectar e remover qualquer substância que possa vazar ou até mesmo contaminar o local.

Outra situação detectada que se caracterizou um aspecto ambiental é o descarte inadequado de resíduos recicláveis no ambiente, obteve um NPA de 30. São dispostos diversos coletores de resíduos recicláveis no processo de manutenção industrial (Figura 29), logo, recomenda-se que seja realizada uma limpeza no local para remoção e destinação correta de todos os resíduos recicláveis, bem como realizar uma conscientização operacional para que o descarte ocorra corretamente.

Figura 29 - Descarte de resíduos recicláveis e orgânico.



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 5.1.8 Análise da área de sanitários

Nesse ambiente foram encontrados cinco aspectos ambientais, mostrados no Quadro 9.

Os colaboradores do processo de manutenção industrial utilizam os banheiros localizados no bloco de pintura do barracão industrial. O principal aspecto ambiental da atividade é a geração de efluentes sanitários, que são destinados para fossas sépticas.

Quadro 9 - Classificação dos aspectos e impactos ambientais dos sanitários

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL									
IDENTIFICAÇÃO			CLASSIFICAÇÃO DE PRIORIDADE						
ETAPA DO PROCESSO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	GRAVIDADE (G)	CAUSA POTENCIAL	OCORRÊNCIA (O)	CONTROLE ATUAL	DETECÇÃO (D)	AÇÃO RECOMENDADA	NPA
<b>Sanitários</b>	Emissão de efluentes sanitários	Poluição hídrica e do solo	3	Efluente gerado nos banheiros	5	Limpeza periódica de fossas sépticas	4	Reparo das tubulações para evitar vazamentos	60

	Geração de resíduos sólidos - rejeitos	Poluição hídrica e do solo	3	Descarte de papel higiênico	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Adotar campanhas sobre o consumo consciente	30
	Geração de resíduos sólidos	Poluição hídrica e do solo	1	Descarte de resíduos de varrição	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	1	Realizar o correto manejo durante a limpeza e varrição e certificar-se do correto descarte	5
3			Descarte de papel toalha	5	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	2	Substituir o papel por secadores de mãos	30	
5			Descarte de lâmpadas fluorescentes	2	PGRS e programa ambiental de coleta seletiva	5	Adotar logística reversa	50	
	Consumo de água	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Consumo irracional de água	5	Estabelecida meta de consumo de água	2	Uso de válvulas econômicas nos banheiros	20
	Manipulação e uso de detergentes e demais produtos de limpeza	Poluição hídrica e do solo	3	Descarte inadequado dos efluentes de limpeza	5	Efluente é destinado para as fossas sépticas	1	Reparo das tubulações para evitar vazamentos	15
	Consumo de energia elétrica	Esgotamento e redução da disponibilidade de recursos naturais	2	Falta de iluminação natural	5	Geração de energia própria a partir da PCH	2	Utilizar lâmpadas com maior eficiência energética	20

Fonte: Autoria própria (2021)

Os efluentes sanitários caracterizaram o principal aspecto ambiental dos ambientes de higiene pessoal, com um NPA de sessenta (60).

A partir da aplicação dos índices de criticidade o aspecto se configurou da seguinte forma: a pontuação de três (3) determinada para a gravidade (G), mostra que o impacto é considerado moderado; a ocorrência (O) do aspecto ambiental se revelou muito alta, pois a causa potencial acontece diariamente, e por isso a classificação de cinco (5). A detecção (D) foi classificada como rápida, porém a solução de um impacto ambiental é de longo prazo, a ela se atribuiu o valor de quatro (4), de acordo com os critérios estabelecidos pelo FMEA.

A forma atual de controle aplicada pela organização demonstra-se eficaz, periodicamente é realizada a limpeza das fossas sépticas onde são destinados os efluentes. A utilização de fossas se dá pelo fato de a organização estar localizada em zona rural, onde não é fornecido rede de esgoto sanitário. Como uma ação

recomendada, sugere-se que sejam realizadas manutenções preventivas e reparos nas tubulações para evitar possíveis vazamentos.

A geração de resíduos sólidos foi o aspecto ambiental com o segundo maior NPA do ambiente, classificado com cinquenta (50), para a causa potencial relacionada ao descarte de lâmpadas fluorescentes. O resíduo é descartado conforme programa ambiental de coleta seletiva da organização e posteriormente recolhido pela prefeitura municipal. Como uma ação recomenda-se a aplicação da logística reversa para destinação ambientalmente correta do resíduo, conforme a PNRS.

Os demais aspectos identificados no ambiente foram classificados com índices menores de NPA, mas é importante salientar que campanhas de conscientização em relação ao consumo racional de água e a economia de energia elétrica, devem estar sempre ocorrendo, pois são aspectos que podem causar a redução ou esgotamento de recursos naturais, impactando negativamente o meio ambiente.

## **5.2 Atendimento ao requisito “6.1.2 aspectos ambientais”**

Durante a avaliação dos aspectos ambientais do processo de manutenção industrial da organização, foi possível acompanhar todos os controles aplicados conforme sugerido pelo requisito 6.1.2 da norma ISO 14001:2015, foram evidenciadas medidas para controle de situações de emergências, como por exemplo a presença de kits de contenção de derramamento de óleo e planos para atendimento a situações de emergências com produtos químicos.

Além disso, foi possível verificar a existência de informação documentada sobre aspectos ambientais, por exemplo, procedimentos operacionais que caracterizavam tal item normativo, bem como os aspectos ambientais significativos, consequentemente confirmando que é realizada a comunicação destes.

No entanto, em nenhuma das atividades analisadas no processo de manutenção industrial foi possível identificar a existência de algum controle ou documentação que tratasse da perspectiva de ciclo de vida, portanto considera-se que o requisito 6.1.2 da norma ISO 14001:2015 é atendido parcialmente pela organização. Logo, como uma oportunidade de melhoria recomenda-se a realização de tal estudo a partir da interpretação do requisito, para que posteriormente seja possível aplicar tal método em todo os aspectos ambientais associados as atividades da organização.

## 6 CONCLUSÕES

A metodologia FMEA adaptada viabilizou a partir da definição do escopo do processo de manutenção industrial, a relação das atividades existentes com os aspectos ambientais associados, logo foi possível determinar em uma escala de prioridade, quais as principais ações que devem ser tomadas para prevenir a ocorrência de impactos ambientais negativos.

Boa parte das ações que foram classificadas como prioritárias estão ligadas à geração de resíduos sólidos e à utilização de óleos e graxas, aspectos ambientais presentes em quase todas as atividades do processo, principalmente pelo fato de a maioria dos resíduos serem classificados como perigosos.

O trabalho de conscientização operacional revelou-se fundamental a partir do estudo, pois foi possível identificar que a organização possui formas de controle para quase a totalidade dos aspectos identificados, porém em algumas situações a execução é falha, comprometendo o que foi planejado na primeira etapa do ciclo PDCA.

Seguindo esse entendimento, foi possível constatar que o Sistema de Gestão Ambiental da organização atende parcialmente ao requisito “6.1.2 Aspectos ambientais” da norma ISO 14001:2015, para o escopo da área estudada, pois existe informação documentada sobre os aspectos ambientais, monitoramento, formas de controle, procedimento em caso de emergências, e uma política ambiental que trata da prevenção de impactos ambientais negativos, porém não foi possível constatar que a organização considera uma perspectiva do ciclo de vida associada aos seus aspectos, conforme definido por tal requisito.

Portanto, visando a certificação futura de seu SGA na norma ISO 14001, é necessário que a organização promova um movimento interno para que todos os colaboradores, independentemente de sua função ou grau na hierarquia organizacional, assumam as suas responsabilidades e tenham em mente seu papel sobre o que é proposto pela política ambiental da organização e pelo próprio SGA como um todo.

Desta maneira, pode-se dizer que a classificação dos aspectos e impactos ambientais se mostrou satisfatória ao que foi proposto como escopo do estudo. Visualizou-se construir uma contribuição, para que sejam estruturados planos de ação a partir do que foi identificado e classificado como prioridade, levando em

consideração a viabilidade das ações propostas e para que assim seja possível alcançar a melhoria contínua do SGA da organização.

## REFERÊNCIAS

ABAL. Alumínio: História da Indústria. **Associação Brasileira do Alumínio**, 2019. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/historia-da-industria-do-aluminio/historia-da-industria-no-brasil/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

ABAL. Alumínio: Processos de produção. **Associação Brasileira do Alumínio**, 2019. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/reciclagem/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 1994. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABRALATAS. Brasil se mantém entre os líderes mundiais de reciclagem de latas de alumínio para bebidas em 2020. **Associação brasileira dos fabricantes de latas de alumínio**, 2021. Disponível em: <https://www.abralatas.org.br/brasil-se-mantem-entre-os-lideres-mundiais-de-reciclagem-de-latas-de-aluminio-para-bebidas-em-2020/>. Acesso em: 01 Maio 2021.

ACHON, C. L. **Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO14001**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 227. 2008.

ANDRADE, M. R. S.; TURRIONI, J. B. Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização do FMEA. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Paulo, 2000. 1-8.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. 2ª. ed. São Paulo - SP: Saraiva, 2007.

BERNEIRA, V. M.; GODECKE, M. V. Norma ISO 14004: Identificação de aspectos ambientais em uma indústria alimentícia localizada no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Administrativa UFSM**, Santa Maria, v. IX, n. Especial, p. 149-164, Agosto 2015.

BESSANI, T.; CUBAS, K. B.; PROCOPIAK, L. K. Levantamento dos aspectos e impactos ambientais na oficina de manutenção de uma universidade pública. **II congresso brasileiro de gestão ambiental**, Curitiba, 9 Novembro 2011. 1-8.

CAGNIN, C. H. **Fatores relevantes na implementação de um sistema de gestão ambiental com base na norma ISO 14001**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 229. 2000.

CAMPESTRINI, M. B. **Sistema de Gestão Ambiental: Bonelli - Acessórios industriais**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, p. 53. 2018.

CAVALINI, R. **Identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais na implantação do sistema de gestão ambiental (SGA) em uma empresa metalúrgica: um estudo de caso**. Universidade de Taubaté. Taubaté, p. 81. 2008.

CIESP. ISO 14001:2015 - Saiba o que muda na nova versão da norma. **CIESP - Centro das Indústrias do Estado de São Paulo**, 2015. Disponível em: <http://www.ciesp.com.br/pesquisas/iso-140012015-saiba-o-que-muda-na-nova-versao-da-norma/>. Acesso em: 20 Junho 2021.

CONAMA. Conselho nacional do meio ambiente. **Ministério do meio ambiente**, 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 26 Junho 2021.

D'ÁVILA, M. D. A. **Análise de metodologias de levantamento de aspectos e impactos ambientais e seus reflexos no sistema de gestão ambiental de organizações situadas em Minas Gerais**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 70. 2018.

FELIX, A. M. C. **Aplicação da ferramenta FMEA na análise dos aspectos e impactos ambientais no Instituto Federal da Paraíba - Campus João Pessoa**. Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa, p. 66. 2018.

FERRAREZE, R. R.; BAPTISTA, R. D.; JUNIOR, S. S. B. Identificação e análise acerca das interconexões entre a NBR ISO 14001:2015 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, p. 356-388, 2018.

FERREIRA, C. D. S.; GEROLAMO, M. C. **Análise da relação entre as normas de sistema de gestão ( ISO 9001, ISO 14001, NBR 16001 e OHSAS 18001) e a sustentabilidade empresarial**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 15. 2016.

FERREIRA, J. I. C. C. **Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental segundo a norma NP EN ISO 14001:2015 numa indústria de carnes**. Universidade do Minho. Braga, p. 90. 2018.

FRANÇA, N. Aspectos e impactos ambientais. **QMS Brasil**, 2016. Disponível em: <https://www.qmsbrasil.com.br/blog/aspectos-e-impactos-ambientais/>. Acesso em: 20 Julho 2021.

FREITAS, M. M. **Sistema de Gestão Ambiental: Levantamento de aspectos e impactos ambientais e proposta de programas ambientais para metalúrgica xexeumar**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, p. 63. 2017.

HARRINGTON, J.; KNIGHT, A. **A implementação da ISO 14000. Como atualizar o sistema de gestão ambiental com eficácia**. São Paulo: Atlas, 2001. 368 p.

INMETRO. Histórico das certificações emitidas por mês e ano. **Instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia**, 2021. Disponível em: <https://certifiq.inmetro.gov.br/Consulta/ConsultaCertificacoesEmitidasMesAno>. Acesso em: 03 Junho 2021.

- KRAEMER, M. E. P. **Gestão Ambiental: um enfoque no desenvolvimento sustentável. Gestipolis**, 2004. Disponível em: <https://www.gestipolis.com/gestao-ambiental-um-enfoque-no-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 23 Maio 2021.
- LUCENA, I. G. **Gestão ambiental empresarial e certificação ISO14001: função ambiental ou econômica? Considerações a partir de um caso em indústria de celulose e papel**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.
- MATOS, R. B. D.; MILAN, M. **Aplicação sistêmica do modo de análise de falhas e efeitos (FMEA) para o desenvolvimento de indicadores de desempenho de empresas de pequeno porte**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 9. 2009.
- MEIRA, J. C.; BATISTA, S. M. Impactos ambientais de uma indústria de painéis de alumínio em Morrinhos (GO): um estudo de caso. **I Simpósio Interdisciplinar em Ambiente e Sociedade**, Morrinhos-GO, 09 a 12 Maio 2017. 596-610.
- MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de impacto ambiental - AIA**. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro, p. 16. 1985.
- OLIVEIRA, L. N. D. **O uso do FMEA como ferramenta de avaliação de aspectos e impactos ambientais numa indústria de microeletrônica**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 78. 2011.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 04, p. 01-16, 2008. ISSN 1808-0448.
- PHILIPPI, J. **Gestão empresarial e sustentabilidade**. Barueri: Manole Ltda, 2017.
- REIS, L. F. S. D.; QUEIROZ, S. M. P. D. **Gestão Ambiental em Pequenas e Médias Empresas**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- SALAMI, S. C. S. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, como ferramenta para a elaboração de um modelo de sistema de gestão ambiental**. Universidade tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 90. 2013.
- SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental conceitos e métodos**. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013.
- SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001: sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- SENNA, A. J. T. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um prédio de uma instituição de ensino superior com o uso da ferramenta FMEA. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Goiânia, 19 Novembro 2012. 1-6.
- SOUZA, P. E. D. **Implantação de um sistema de gestão ambiental em indústrias de embalagens de papel**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 194. 2009.

TANNO, N. **Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais em uma microempresa de comunicação visual**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 39. 2018.

VEIGA, F. G. D. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, p. 65. 2016.

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e controle de manutenção**. 1<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.