



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**

**ESCOLA DE MINAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**KAMILA VIEIRA DA CONCEIÇÃO**

**ANALISE DA APLICAÇÃO DA NR-13 NA GESTÃO DE ATIVOS DE  
UM CONJUNTO DE VASOS DE PRESSÃO: O CASO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR SIDERÚRGICO**

**OURO PRETO - MG  
2023**

**KAMILLA VIEIRA DA CONCEIÇÃO**

**kamilla.conceicao@aluno.ufop.edu.br**

**ANALISE DA APLICAÇÃO DA NR-13 NA GESTÃO DE ATIVOS DE  
UM CONJUNTO DE VASOS DE PRESSÃO: O CASO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR SIDERÚRGICO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** DSc. Washington Luis Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG  
2023**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C744a Conceição, Kamilla Vieira Da.

Análise da aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão [manuscrito]: O caso de uma empresa do setor siderúrgico. / Kamilla Vieira Da Conceição. - 2023.

86 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira Da Silva.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Administração - Monitoramento de ativos. 2. Norma Regulamentadora (NR-13). 3. Processos de fabricação - Vasos de pressão. 4. Programas de compliance. 5. Engenharia de estruturas - Integridade estrutural. I. Silva, Washington Luis Vieira Da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Kamilla Vieira da Conceição**

**Análise da aplicação da NR-13 na Gestão de Ativos de um conjunto de vasos de pressão: o caso de uma empresa do setor siderúrgico**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 29 de Junho de 2023

### Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)  
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/07/2023



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/07/2023, às 20:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0558484** e o código CRC **FCB894EE**.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar força, sabedoria e determinação ao longo dessa jornada acadêmica.

À minha família, agradeço por todo o amor, paciência e suporte que me proporcionaram.

Aos meus amigos, que não largaram minha mão mesmo distante durante toda a graduação e aos à UFOP me apresentou, aqui conheci pessoas que apenas passaram pela minha vida, mas conheci outros que vou levar comigo até o fim.

A Alessandra Xavier que mesmo hoje não presente de corpo, estará sempre comigo me impulsionando a ser uma pessoa melhor.

As republicas amigas que me acolheram durante esse tempo, obrigada republicas Alambique, Bem q se kiss e Olympo, por serem meu ponto de apoio.

Aos meus professores do curso de Engenharia mecânica da UFOP, expresso minha profunda gratidão pelo conhecimento transmitido, pelo incentivo e pela orientação durante todo o meu percurso.

À DIFERENCIAL E.J., agradeço por virar uma página da minha vida, me mostrando que eu era capaz de alcançar muitos dos meus objetivos.

Aos estágios que realizei ao longo deste percurso, expresso minha gratidão às empresas que me escolheram e acolheram. A toda experiência adquirida, as pessoas que conheci, as oportunidades e aprendizados proporcionados.

Agradeço ao meu orientador, professor Washington, sua orientação, dedicação e apoio que foram imprescindíveis desde o dia que cheguei à universidade.

Agradeço a todas as pessoas e entidades que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada e contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou imensamente grata pela presença de cada um de vocês em minha vida.

Que essa conquista seja apenas o início de muitas!!

*“Em vez de vivermos de julgamentos e críticas, devemos ousar, aparecer e deixar que nos vejam. Isso é a coragem de ser imperfeito! Isso é viver com ousadia! Estamos aqui para criar vínculos com as pessoas! Amor e aceitação são necessidades irreduzíveis de todas as pessoas.”*

Brené Brown

## RESUMO

No setor siderúrgico, os vasos de pressão desempenham um papel crítico e devem cumprir os requisitos da NR-13, que visa garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo analisar a aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão em uma empresa siderúrgica. Norma Regulamentadora 13 (NR-13) estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores, conforme decreto de lei. De forma a regulamentar os artigos 187 e 188 da CLT, conforme redação dada pela Lei n.º 6.514, de 22 de dezembro de 1977. O estudo envolveu a análise dos requisitos da norma, além da aplicação de metodologias de gestão de ativos para garantir a conformidade e a segurança dos colaboradores. O trabalho é classificado como de caráter exploratório com parâmetros qualitativos, através de uma análise de uma gestão aplicada a ativos. Os resultados obtidos demonstraram que a implementação adequada da gestão de ativos, em conformidade com a NR-13, é fundamental para garantir a integridade estrutural dos vasos de pressão e a segurança dos colaboradores. A abordagem sistemática de gestão de ativos, em conjunto com a expertise da engenharia de manutenção, possibilitou o monitoramento eficiente dos equipamentos, identificação de não conformidades e implementação das correções necessárias. Um número de não conformidades princípio estimado em até 831, em um prazo de 6 meses foi reduzido a 79, demonstrando uma redução considerável do número de não conformidades com a norma em 90,49%. Para este projeto é possível listar até 12 não conformidades com as premissas da norma, sendo elas: exame externo, exame interno, calibração de válvulas e manômetros não executados dentro do prazo estipulado pela norma, pendências de instalação de aterramentos, iluminação de emergência, placa e faixa de identificação, pendências de informações previstas no prontuário. Sendo assim foi possível criar um modelo de *checklist* para continuidade da aplicação da gestão desses ativos, e uma folha de consulta para seu preenchimento. Em suma, a gestão de ativos mostrou-se uma estratégia eficaz para garantir o bom funcionamento e a segurança dos vasos de pressão em uma empresa siderúrgica, proporcionando insights valiosos sobre as melhores práticas nesse contexto.

**Palavras-chave:** Gestão de ativos, NR-13, Vasos de pressão, Conformidade, Integridade estrutural, Monitoramento de ativos, Não conformidades.

## ABSTRACT

*In the steel industry, pressure vessels play a critical role and must comply with the requirements of NR-13, which aims to ensure the safety and health of workers. In this context, the study aims to analyze the application of NR-13 in asset management of a set of pressure vessels in a steel company. Regulatory Standard 13 (NR-13) establishes minimum requirements for managing the structural integrity of steam boilers, pressure vessels, their interconnection pipes and metallic storage tanks in aspects related to installation, inspection, operation and maintenance, aiming at safety and to the health of workers, according to the decree of law. In order to regulate Articles 187 and 188 of the CLT, as amended by Law No. 6,514, of December 22, 1977. The study involved analyzing the requirements of the standard, in addition to applying asset management methodologies to ensure employee compliance and safety. The work is classified as exploratory with qualitative parameters, through an analysis of management applied to assets. The results showed that the proper implementation of asset management, in accordance with NR-13, is essential to guarantee the structural integrity of pressure vessels and the safety of employees. The systematic approach to asset management, together with the maintenance engineering expertise, enabled the efficient monitoring of equipment, identification of nonconformities and implementation of necessary corrections. A number of non-conformities in principle estimated at up to 831, in a period of 6 months was reduced to 79, demonstrating a considerable reduction in the number of non-conformities with the standard by 90.49%. For this project, it is possible to list up to 12 non-conformities with the premises of the standard, namely: external examination, internal examination, calibration of valves and pressure gauges not performed within the period stipulated by the standard, pending installation of grounding, emergency lighting, plaque and identification range, pending information provided in the medical record. Therefore, it was possible to create a checklist model for continuing the application of the management of these assets, and a query sheet for filling it out. In short, asset management proved to be an effective strategy to ensure the proper functioning and safety of pressure vessels in a steel company, providing valuable insights into best practices in this context.*

**Key-words:** *Asset management, NR-13, Pressure vessels, Compliance, Structural integrity, Asset monitoring, Non-conformities.*



## LISTA DE SIMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BSI - *British Standards Institution*

CAPEX - *Capital Expense*

END - Ensaio não destrutivo

IAM - *Institute of Asset Management*

ISO - *International Organization for Standardization*

J.I.P.M. - *Japan Institute of Plant Maintenance*

LP – Líquido penetrante

NBR – Norma Brasileira

NC – Não conformidade

NR-13 – Norma regulamentadora 13

OPEX - *Operational Expenses*

PAS - *Publicly Available Specification*

PMTA - Pressão máxima de trabalho admissível

RGI – Risco grave e iminente

SEPRT - Secretaria Especial de Previdência e Trabalho

SGS - *Société Générale de Surveillance*

SPIE - Serviço próprio de inspeção de equipamento

TPM - *Total Productive Maintenance*

UBQ - União Brasileira para a Qualidade

**LISTA DE FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Vasos de pressão .....   | 2  |
| Figura 2: Diagrama mostrando o relacionamento entre as definições .....        | 8  |
| Figura 3: Fases do ciclo de vida dos ativos .....                              | 9  |
| Figura 4: Custo do ciclo de vida dos ativos.....                               | 10 |
| Figura 5: Campo magnético de fuga.....   | 20 |
| Figura 6: Ilustração do método de ensaio por ultrassom por transparência ..... | 21 |
| Figura 7: Ilustração do método de ensaio por ultrassom por reflexão. ....      | 21 |
| Figura 8: Fluxo e aplicação do ensaio de líquido penetrante (LP) .....         | 22 |
| Figura 9: Pilares da TPM.....  | 25 |
| Figura 10: Etapas da metodologia. ....   | 35 |
| Figura 11: Processo simplificado de fabricação tubos .....                     | 43 |
| Figura 12: Organograma.....  | 44 |
| Figura 13: Acumulador hidráulico do tipo bexiga .....                          | 45 |
| Figura 14: Modelo de indicadores NR-13 por planta.....                         | 50 |
| Figura 15: Modelo de indicadores NR-13 por área .....                          | 51 |
| Figura 16: Evolução dos indicadores NR-13.....                                 | 54 |
| Figura 17a: Checklist, auditoria interna NR-13 (folha 1).....                  | 55 |
| Figura 17b: Checklist, auditoria interna NR-13 (folha 2). ....                 | 56 |
| Figura 18: Folha de consulta para preenchimento do checklist.....              | 58 |

**LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Aplicação de técnicas de END .....                           | 19 |
| Tabela 2- Categoria dos vasos de pressão .....                          | 30 |
| Tabela 3 - Teste Hidrostático para quem não possui serviço próprio..... | 31 |
| Tabela 4 - Teste Hidrostático para quem possui serviço próprio .....    | 32 |
| Tabela 5 - Variável e Indicadores.....                                  | 38 |
| Tabela 6 - Premissas para vasos de pressão .....                        | 47 |
| Tabela 7 - Não conformidades projetadas .....                           | 52 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Formulação do Problema.....  | 1         |
| 1.2      | Justificativa.....   | 2         |
| 1.3      | Objetivos.....   | 3         |
| 1.3.1    | Geral .....  | 3         |
| 1.3.2    | Específicos.....   | 3         |
| 1.4      | Estrutura do Trabalho .....  | 4         |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1      | Gestão de ativos.....  | 5         |
| 2.1.1    | Normas e especificações.....   | 11        |
| 2.2      | Métodos de manutenção .....  | 13        |
| 2.2.1    | Manutenção corretiva .....   | 15        |
| 2.2.2    | Manutenção preventiva.....   | 16        |
| 2.2.3    | Manutenção preditiva .....   | 17        |
| 2.2.4    | Manutenção autônoma (TPM).....   | 24        |
| 2.3      | Gestão da manutenção .....   | 27        |
| 2.4      | NR-13 .....  | 28        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>  | <b>33</b> |
| 3.1      | Tipo de Pesquisa.....  | 33        |
| 3.2      | Materiais e Métodos .....  | 35        |
| 3.3      | Variáveis e Indicadores .....  | 38        |
| 3.4      | Instrumento de coleta de dados .....   | 39        |
| 3.5      | Tabulação dos dados.....   | 40        |
| 3.6      | Considerações Finais do capítulo .....   | 41        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>42</b> |
| 4.1      | Características na empresa/setor.....  | 42        |
| 4.2      | Descrição do equipamento: vasos de pressão.....  | 44        |
| 4.3      | Análise da aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão <sup>46</sup> |           |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>   | <b>61</b> |

|  |                     |           |
|--|---------------------|-----------|
| 5.1  | Conclusão .....     | 61        |
| 5.2  | Recomendações ..... | 62        |
| <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>                       |                     | <b>63</b> |
| <b>ANEXO 1 – DMAIC.....</b>                                |                     | <b>1</b>  |
| <b>ANEXO 2 – MODELO DE PLANILHA PARA GESTÃO NR-13.....</b> |                     | <b>5</b>  |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

Para uma empresa manter alto desempenho e assegurar a segurança dos seus colaboradores, é necessário que as máquinas responsáveis pelo seu processo produtivo estejam em bom estado de funcionamento. Para que isso aconteça é indicado dentro da organização a aplicação de métodos e ferramentas que possibilitam o acompanhamento e monitoramento desses equipamentos, com o emprego da manutenção.

Uma importante área dentro da engenharia que nos possibilita fazer a certificação de um bom funcionamento desses equipamentos, é a manutenção. Visando a prevenção e a correção de falha, ela tem como papel principal garantir uma maior probabilidade de uma máquina desempenhar sua função, mantendo sua taxa de disponibilidade física alta, reduzindo custo, prolongando vida útil de forma a agregar valor. Assim, de acordo com a NBR 5462 (1994) apud Xenos (1998, p.18) a manutenção é definida como:

A combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

De acordo com a ISO 55000 (2014), a denominação de ativos é atribuída a todos os equipamentos que possuem valor real ou potencial para a organização, sendo essa designação realizada pela área de manutenção denominada gestão de ativos. Logo, a gestão de ativos por Kardec et al (2014, p.18), “é a atividade coordenada de uma organização para obter valor dos ativos, focada no que os ativos podem fazer pela organização”.

A gestão de ativos pode ser aplicada para diversos setores da economia, como por exemplo o setor siderúrgico, neste setor é fundamental contar com equipamentos especiais conhecidos como vasos de pressão. Assim sendo, este estudo é direcionado para analisar a aplicação da norma regulamentadora 13 (NR-13) para gestão desses ativos. A figura 1 a seguir, exemplifica um dos possíveis modelos de vasos de pressão.



Figura 1: Vasos de pressão  
Fonte: Adaptada de Borbon compressores (2023).

A NR-13 (2019) estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores.

Portanto, para que se analise a aplicação da metodologia de gestão de ativos para um conjunto de vasos de pressão, é necessário verificar o cumprimento dos requisitos mínimos estabelecido pela NR-13.

Assim, de acordo com o contexto tem-se a seguinte problemática:

**Como analisar a aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão em uma empresa do setor siderúrgico?**

## 1.2 Justificativa

O objetivo do trabalho é evidenciar a importância da adequação de um conjunto de vasos de pressão a NR-13. A norma traz em sua descrição diversos itens, os quais caracterizam esses equipamentos como ativos críticos, devido ao risco de acidentes, se fazendo necessário um monitoramento dos equipamentos.

Com intuito de minimizar o risco de acidentes com vasos de pressão, norma regulamentadora NR-13, traz predisposições que padronizam condições de instalação, periodicidades de inspeções, calibrações de dispositivos de segurança e manutenções preditivas, que devem ser executadas ou acompanhadas por profissional habilitado.

Para acompanhamento de todas as diretrizes da norma, a metodologia que poderá proporcionar uma maior assertividade e visibilidade da situação desses equipamentos será a gestão de ativos. Ela vai ampliar o campo de visão sobre os possíveis problemas e permitir entender a situação em que se encontra cada um dos equipamentos da empresa, que se enquadram na norma, fazendo uma gestão de todas as ações necessárias. Para esse conjunto de ativos, de acordo com Kardec *et al* (2014, p.163), a gestão de ativos pode ser descrita como:

A Gestão de Ativos, que implica na otimização da utilização dos ativos, depende, de certa forma, da aplicação das técnicas de manutenção. A ênfase na aplicação de técnicas preditivas e de inspeção significa um caminho natural para a excelência na Manutenção, o que promove um aumento na disponibilidade dos ativos.

Além disso, para a ISO 55000 (2014), o gerenciamento de ativos pode agregar valor por meio do risco e oportunidades, gerando equilíbrio entre custo, risco e desempenho. O principal objetivo da norma é apoiar as empresas no uso eficiente e sustentável de seus negócios no longo prazo.

Sendo assim, a implementação da gestão de ativos associada a aplicação da NR-13 poderá contribuir de forma significativa para o atendimento das diretrizes vigentes na norma.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Analisar a aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão em uma empresa do setor siderúrgico.

#### **1.3.2 Específicos**

- Realizar um estudo teórico sobre: gestão de ativos, manutenção, gestão da manutenção e NR-13;
- Elaborar um procedimento metodológico para analisar e aplicar a gestão de ativos a partir da NR-13 do equipamento estudado;
- Aplicar o procedimento metodológico para obter os dados para a discussão;
- Comparar a base teórica com os dados obtidos para analisar a aplicação da gestão de ativos a partir da NR-13.



#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho está dividido em cinco capítulos, ele se inicia no capítulo um com a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos gerais e específicos. No capítulo dois será composto pela fundamentação teórica sobre gestão de ativos, norma regulamentadora 13, conceitos de manutenção e sua gestão. Já o capítulo três aborda o processo metodológico adotado, bem como as ferramentas utilizadas para coleta, armazenamento de dados e verificações necessárias. As análises e os resultados obtidos a partir dos dados coletados pelos estudos de caso, são apresentados no capítulo quatro. E o quinto e último capítulo encerra o trabalho com as conclusões e recomendações a respeito da Gestão de Ativos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Gestão de ativos

A gestão de ativos desempenha um papel crucial em diversas indústrias, incluindo o setor siderúrgico. Conforme Kardec *apud* NBR ISO 55000 (2014), gestão de ativos é o conjunto de atividades coordenadas que uma organização usa para realizar o valor dos ativos na entrega dos seus objetivos ou resultados. Isso requer um equilíbrio de custos, riscos e benefícios, muitas vezes ao longo de diferentes escalas de tempo.

O termo ativo, segundo Fecha (2012, p.7), é bastante utilizado na sociedade atual, apresentado diferentes significados dependendo da área ou setor. Ainda para Fecha (2012), eles podem ser classificados como:

- Ativos físico: edifícios, equipamentos, máquinas, entre outros;
- Ativos humanos: conhecimento, competências, responsabilidades, experiência;
- Ativos financeiros: lucro, capital financeiro, ações, fundo de maneiio, dívidas;
- Ativos intangíveis: reputação, moral, impacto social, imagem, relações externas;
- Ativos de informação: dados em formato digital, informação empresarial da organização e clientes, informação de desempenho financeiro.

De acordo com Kardec *et al* (2014), ativo se refere a um item, algo ou entidade de uma organização que tenha valor real ou potencial. Este valor varia entre os tipos de organização e seus públicos de interesse, podendo ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro.

Segundo Kardec *et al* (2014), o conceito de valor varia de acordo com os objetivos, natureza e propósito da organização, bem como as necessidades e expectativas das partes interessadas envolvidas. A gestão de ativos desempenha um papel crucial ao buscar alcançar o valor desejado, equilibrando os custos, riscos e desempenho. Ainda de de acordo com Kardec *et al* (2014), o valor pode ser categorizado da seguinte maneira:

- Valor agregado para o cliente: atividades necessárias ao atendimento das necessidades dos clientes, melhoria da qualidade dos produtos, melhoria da competitividade ou confiabilidade, entre outras;

- Valor agregado para o negócio: atividades requeridas pelos negócios como garantia: Segurança, Meio Ambiente, Eficiência Energética, Saúde, requisitos legais, apoios financeiros, governança, entre outras;
- Valor não agregado ou perdas: atividades que geram defeitos nos processos e produtos, sobre produção, esperas, atrasos, estoques, paradas, burocracias, entre outras.

Portanto, o conceito de "valor" varia significativamente dependendo do contexto e dos interesses individuais. Considerando que muitos desses interesses podem entrar em conflito, torna-se desafiador determinar de forma precisa qual ação relacionada à gestão de ativos resultará em uma proposta de valor superior para todas as partes interessadas envolvidas (KARDEC *et al*, 2014).

A gestão de ativos, segundo Kardec et al. (2014) representa um novo paradigma para que se torne uma cultura organizacional, as lideranças, em todos os níveis organizacionais, precisam entender os conceitos, princípios e fundamentos desta nova forma de pensar e agir na gestão. A gestão eficaz desses ativos pode resultar em redução de custos, aumento da eficiência operacional, aumento da vida útil do ativo e maximização do retorno do investimento (KARDEC *et al*, 2014).

Gestão de Ativos representa uma abordagem mais moderna da Manutenção, especialmente em organizações que buscam se destacar em seus setores, ela é parte integrante e interrelacionada das várias atividades de uma organização, não podendo ser limitada a apenas uma área específica (KARDEC *et al*, 2014)'.<sup>7</sup>

Uma a empresa pode escolher gerenciar seus ativos como um grupo, e não individualmente, de acordo com as suas necessidades, e alcançar benefícios adicionais. Sendo assim a organização pode ser por: tipos de ativos, sistemas de ativos ou portfólios de ativos (ISO 55000, 2014).

A estratégia para implementação da gestão de ativos, pode ser descrita como abordagem de longo prazo para o gerenciamento dos ativos. Incluindo um conjunto de informações que descrevem os níveis de serviços atuais e futuros que a organização planeja executar. De acordo com Kardec *et al* (2014, p.50), a estratégia de gestão de ativos inclui:

- Objetivos da gestão de ativos com base na análise de cenário, o que inclui objetivos mensuráveis sobre o desempenho econômico, ambiental e social do portfólio de ativos;
- As *accountability* chaves para as atividades cobertas pela estratégia de gestão de ativos e pela implantação e manutenção da estratégia de gestão de ativos. *Accountability* não possui termo correlato em português. Consiste na responsabilidade pela gerência eficiente de recursos de terceiros aliada à capacidade permanente de prestar contas de seus atos à sociedade;
- O critério de tomada de decisões que será usado na análise do custo do ciclo de vida e na análise de risco para determinar o ponto ótimo de intervenção nos ativos;
- Como a organização irá desenvolver seu sistema de informações para apoiar as análises acima e como as organizações irão gerir as incertezas associadas com as informações sobre os ativos;
- Uma referência ao Sistema de Gestão de Ativos (SGA), que descreve o sistema de gestão implementado - ou a ser - incluindo a descrição de como a estratégia da gestão de ativos se encaixa no sistema de gestão de ativos;
- A metodologia para determinar a criticidade dos ativos e da sua rede/malha.

Uma das principais práticas de gestão de ativos é o gerenciamento de riscos, que envolve a identificação e a mitigação de ameaças potenciais aos ativos. Portanto, a gestão de riscos dos ativos físicos deve incluir a possibilidade de riscos em todo o ciclo de vida do ativo. Por exemplo, o processo associado ao projeto deve incluir a identificação e gestão de riscos para toda a vida do ativo, tendo em conta as condições de funcionamento e a criticidade da utilização de ativos (BSI PAS 55-2, 2008).

A gestão de ativos pode ser caracterizada de várias maneiras, dependendo do contexto em que o ativo está sendo avaliado ou gerenciado. Para Kardec *et al* (2014) para caracterizar a gestão de ativos, alguns exemplos de atividades realizadas, diretamente durante o seu ciclo de vida podem ser:

- Ligar as decisões sobre os ativos aos objetivos estratégicos dos negócios, o que significa não gerir a manutenção apenas como centro de custos, mas a manutenção como centro de resultados para a confiabilidade e para a sustentabilidade dos resultados em longo prazo da organização;

- Considerar o sistema e não somente suas partes;
- A visão tradicional da manutenção levava em conta apenas os custos de manutenção e a gestão de ativos vai levar em conta a perspectiva de todo o ciclo de vida do ativo;
- Deixar os ativos no estado que gostaríamos de tê-los sempre. No caso de uma concessão de rodovia, significa que assim que a concessão acabar teremos certeza de que a rodovia voltará para o dono como se fosse nova, em função da adequada gestão de ativos;
- Considerar e gerenciar as incertezas. As decisões, na filio de gestão de ativos, devem ser sempre informadas, basear em dados envolvendo os riscos qualitativos;
- Levar as partes interessadas as alternativas de decisões que possam ser entendidas por cada um destes atores. As partes interessadas geralmente são representados pelos clientes, fornecedores, acionistas, trabalhadores e pela sociedade que a organização e os ativos estão envolvidos.

Observa-se na figura 2 as fases características de um sistema de gestão de ativos relacionadas as atividades realizadas diretamente durante o seu ciclo de vida dos ativos.

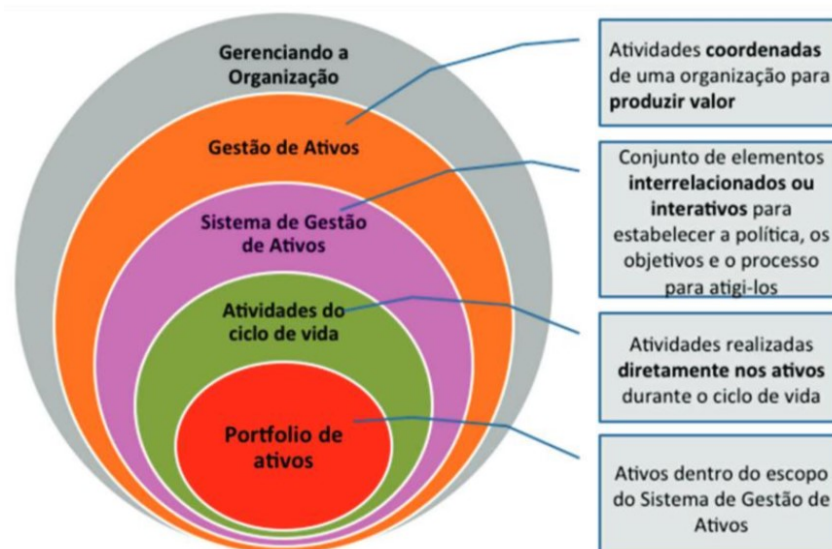


Figura 2: Diagrama mostrando o relacionamento entre as definições  
Fonte: Kardec *et al* (2014)

A figura demonstra que o ciclo de vida de um ativo pode ser descrito as diferentes fases pelas quais um ativo passa desde sua aquisição até sua disposição final.

O ciclo de vida do ativo pode variar dependendo do tipo de ativo e do setor em que é utilizado, de acordo com Ouertani *et al* (2008), o ciclo de vida do ativo pode ser dividido nas seguintes fases:

- Aquisição – fase na qual são envolvidas todas as atividades de análise, junto ao plano técnico e financeiro, planejamento e justificativa para aquisição de novos ativos;
- Implantação – fase em que são envolvidas todas as atividades de instalação, testes e comissionamento;
- Operação e Manutenção – fase em que são envolvidas as atividades de conservação e disponibilidade dos ativos, longevidade e capacidade (qualidade, desempenho e flexibilidade);
- Abate – fase relacionada com a alienação dos ativos.

A figura 3 apresenta o ciclo de vida global de um ativo e suas fases, segundo Fecha (2012).

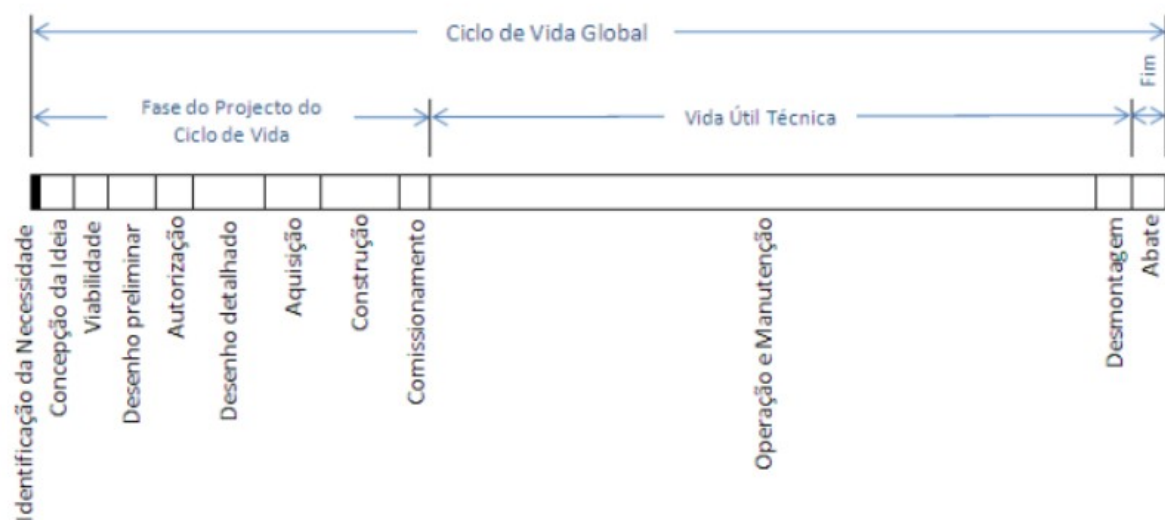


Figura 3: Fases do ciclo de vida dos ativos  
Fonte: Fecha (2012)

Observa-se na figura 3 a fase do projeto do ciclo de vida do ativo que compõem o ciclo de vida global do ativo.

Segundo Ouertani *et al* (2008), ao fazer referência sobre ciclo de vida de um ativo físico, fica fácil entender a definição de custo do ciclo de vida, onde é imposta uma visão global da gestão de ativos físicos a partir do início do projeto até a sua desativação.

Os custos do ciclo de vida dos ativos, de acordo com Kardec *et al.* (2014), são compostos por despesas operacionais e despesas de capital, denominadas assim devido às

suas características contábeis. Os custos de capital são representados pela sigla CAPEX (*Capital Expense*), enquanto os custos operacionais são representados pela sigla OPEX (*Operational Expenses*). Essas fases do custo do ciclo de vida estão ilustradas na figura 4.

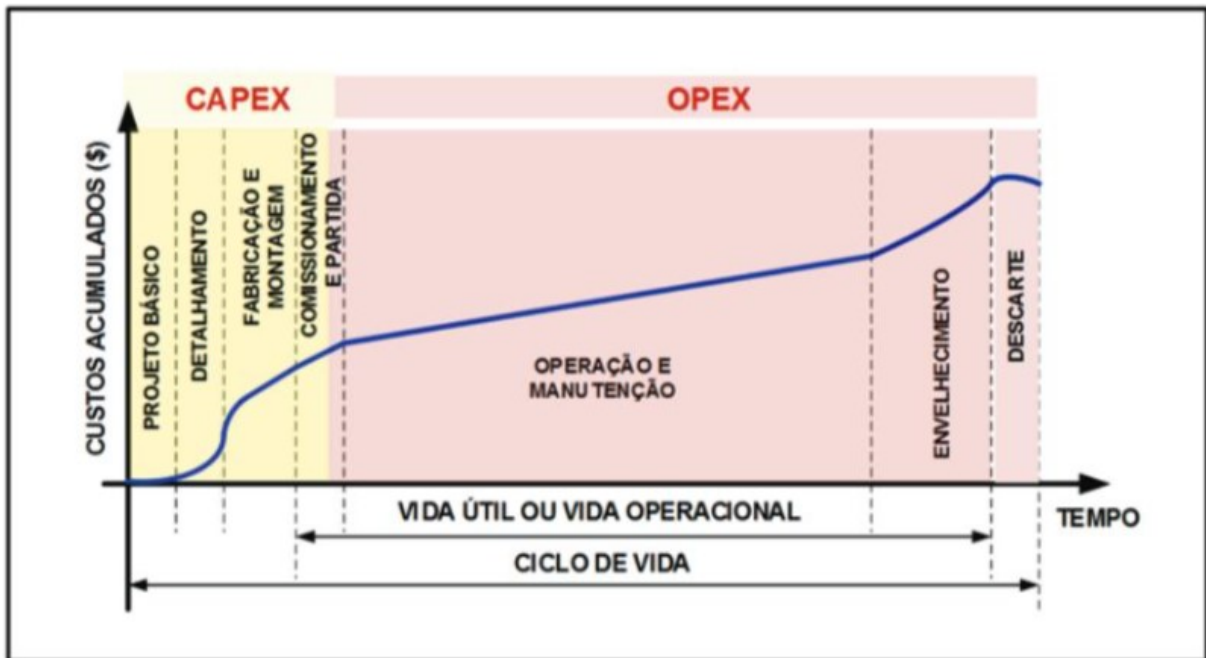


Figura 4: Custo do ciclo de vida dos ativos  
Fonte: Kardec *et al.* (2014)

Na imagem 4 é possível visualizar que os custos de operação e manutenção representam de 60 a 75% dos custos totais do ciclo de vida dos ativos.

Portanto, Kardec *et al.* (2014) discute a importância dos custos relacionados ao ciclo de vida dos ativos, destacando que os custos de projeto básico, detalhamento, fabricação, montagem e comissionamento são classificados como custos de capital (CAPEX). Esses custos referem-se ao valor cobrado pelo fornecedor para entregar o ativo de acordo com as especificações do projeto, assemelhando-se à compra de um bem. Por outro lado, os custos de operação, manutenção e descarte são considerados custos operacionais (OPEX). Seguindo essa linha de raciocínio, Kardec *et al.* (2014) também mencionam que os custos associados ao funcionamento contínuo de um refrigerador adquirido, como despesas com energia elétrica, reparos e descarte, são considerados custos operacionais (OPEX).

Nesse contexto, a gestão de ativos torna-se intrinsecamente relacionada à otimização do uso dos mesmos, conforme salientado por Kardec *et al.* (2014). Essa gestão depende, em certa medida, da aplicação de técnicas de manutenção, sendo que a implementação de técnicas preditivas e de inspeção é vista como um caminho natural para alcançar a excelência nessa

área. Essas práticas resultam em um aumento na disponibilidade e confiabilidade dos ativos, contribuindo para a eficiência operacional e o melhor aproveitamento dos recursos.

Embora possa parecer extremamente estranho, Kardec *et al.* (2014) afirma que:

- Muitas empresas possuem padrões e procedimentos (elaborados para obtenção da certificação ISO 9000), mas não os atualizam nem os utilizam;
- Planos de Manutenção e de Inspeção, quando existentes, não são atualizados ou em função da indefinição de atribuições, permitem que qualquer um lhes faça modificações ou alterações;
- A Matriz de Criticidade é inexistente em um grande número de empresas.

Sendo assim, esses instrumentos desempenham um papel crucial na regulação das atividades de manutenção. Eles estabelecem as regras que se aplicam a todas as áreas da organização. Esses instrumentos garantem uma abordagem adequada e diferenciada de acordo com a importância e prioridade atribuídas a cada ativo (KARDEC *et al.* 2014).

Portanto Kardec *et al.* (2014), traz que a gestão de ativos proporciona o enquadramento e direcionamento necessários para que a manutenção contribua efetivamente com a geração de valor, mas não é sinônimo de excelência na manutenção, seu objetivo principal é alinhar o desempenho da manutenção com a produção de valor para a empresa. Nesse sentido, é fundamental que a manutenção busque alcançar padrões de excelência, visando um desempenho elevado, para assim criar valor para a organização e apoiar o desempenho dos negócios.

### **2.1.1 Normas e especificações**

A gestão eficaz de ativos é crucial para a sustentabilidade e o desempenho operacional das empresas, portanto existia uma necessidade de estabelecer uma linguagem comum para a gestão de ativos, como não havia uma norma formal disponível, o Instituto de Gestão de Ativos (*Institute of Asset Management - IAM*) desenvolveu a PAS 55:2004, que traz as especificações para a gestão otimizada de ativos físicos de infraestrutura. Essa versão da norma foi elaborada e revisada por diversas organizações, com predominância de organizações sediadas no Reino Unido (KARDEC *et al.* (2014).

De acordo com Fecha (2012), a PAS 55 tem como objetivo aumentar a eficiência no desempenho, risco e recursos usados ao longo do ciclo de vida dos seus ativos, a partir da



implementação de atividades sistemáticas e coordenadas na organização. Para Kardec *et al.* (2014), a PAS 55 define requisitos para 28 aspectos de boas práticas relacionados à gestão de ativos, abrangendo desde a estratégia para o ciclo de vida até a manutenção diária. Seu objetivo é permitir a integração completa de todos os estágios do ciclo de vida dos ativos e fornecer uma linguagem comum que facilite a discussão multifuncional dentro das organizações. A norma especifica o que deve ser feito, sem estabelecer como essas ações devem ser executadas, permitindo que as organizações desenvolvam processos efetivos que se adequem aos desafios específicos de seus ambientes de negócios (KARDEC *et al.* (2014).

Embora a PAS não seja atualmente uma norma internacional (ISO) tem sido adotado como diretiva em muitas empresas. A norma ISO 55000 é um conjunto de padrões internacionais desenvolvidos pela Organização Internacional de Normalização (ISO) que define diretrizes para o gerenciamento de ativos. Este padrão fornece uma estrutura abrangente para que as organizações gerenciem seus ativos de maneira eficaz e sustentável para otimizar o desempenho operacional, reduzir riscos e maximizar o valor dos ativos ao longo de seu ciclo de vida (ISO 55000, 2014).

A ISO 55000 é baseada em princípios fundamentais como criação de valor, gerenciamento de riscos, tomada de decisão baseada em evidências e melhoria contínua. Enfatiza a importância de uma abordagem holística para a gestão de ativos que leve em consideração não apenas aspectos técnicos, mas também aspectos financeiros, operacionais e organizacionais (ISO 55000, 2014).

Esse padrão foi amplamente adotado por organizações em vários setores, incluindo energia, transporte, manufatura, serviços públicos e governo. De acordo com norma ISO 55000 (2014), sua implementação pode trazer benefícios significativos, como maior confiabilidade de ativos, custos operacionais reduzidos, melhor alocação de recursos, maior conformidade regulatória e maior transparência operacional.

A norma ISO 55000 (2014) ainda compreende dois outros documentos: ISO 55001 (Requisitos para um sistema de gestão de ativos) e ISO 55002 (Diretrizes para a implementação da gestão de ativos). Esses documentos fornecem orientações detalhadas sobre como implementar e manter um sistema eficaz de gestão de ativos.

O padrão ISO 55001 (2014), por sua vez, define requisitos para um sistema de gerenciamento de ativos, isso se dá pelos requisitos mínimos que uma organização deve atender para garantir o gerenciamento adequado de seus ativos. Abrange muitas áreas,

incluindo a definição da política de gestão de ativos, estabelecimento de metas e objetivos, identificação e avaliação de riscos, implementação de planos de manutenção e substituição, monitoramento do desempenho de ativos e melhoria contínua do sistema de gestão (ISO 55001, 2014).

A norma ISO 55001 (2014) enfatiza a importância de uma abordagem baseada em risco para a gestão de ativos, o que garante que os riscos associados aos ativos sejam devidamente identificados, avaliados e tratados. Também enfatiza a necessidade do envolvimento e comprometimento da alta administração de uma organização na implementação e manutenção de um sistema de gestão de ativos.

A implementação da norma traz muitos benefícios para as organizações, incluindo a maximização do valor dos ativos, a redução de quebras e interrupções, o aumento da eficiência operacional, a melhoria da tomada de decisões e a conformidade com os requisitos legais e regulamentares (ISO 55001, 2014).

Já a ISO 55002 fornece orientações detalhadas para a implementação do gerenciamento de ativos. Segundo a ISO 55002 (2020) sua abrangência é uma ampla gama de tópicos relacionados à gestão de ativos, incluindo planejamento estratégico de ativos, identificação e avaliação de ativos, gestão de desempenho de ativos, gestão de riscos, gestão de mudanças, aquisição e alienação de ativos, entre outros. Ele fornece exemplos, dicas e orientações práticas para ajudar as organizações a implementar com sucesso o gerenciamento de ativos em suas operações.

A norma enfatiza a importância de uma abordagem de ciclo de vida dos ativos, desde a aquisição até a aposentadoria. Ele enfatiza a necessidade de considerar fatores econômicos, técnicos e de desempenho ao longo do ciclo de vida do ativo para garantir o valor máximo e a otimização do desempenho (ISO 55002, 2020).

Por fim, a ISO 55002 (2020) ainda aborda a integração da gestão de ativos com outros sistemas de gestão, como qualidade, segurança e meio ambiente, e fornece uma abordagem integrada para gerenciar riscos e alcançar objetivos organizacionais.

## **2.2 Métodos de manutenção**

A manutenção é uma atividade fundamental para garantir a eficiência e eficácia de equipamentos, máquinas e sistemas em uma empresa. Para isso, é necessário escolher o método de manutenção mais adequado para cada caso, considerando fatores como custo,

tempo e riscos envolvidos. Ao longo do trabalho será apresentado a aplicação de alguns métodos de manutenção e a forma da empresa de enxergar sua importância.

De acordo com Xenos *apud* NBR 5462 (1998, p.18), a manutenção é a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou realocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Como observado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a manutenção tem como característica todas as ações que em conjunto colaboram para que determinado item esteja performando em sua melhor condição quando este é requerido para determinada função. “A manutenção cabe zelar pela conservação da indústria, especialmente de máquinas e equipamentos, devendo antecipar-se aos problemas através de um contínuo serviço de observação dos bens a serem mantidos” (ROCHA,1995, p.12).

Segundo Kardec *et al.* (2009), a missão da manutenção pode ser descrita pela forma de assegurar que os equipamentos e instalações estejam prontamente disponíveis para cumprir os requisitos de produção ou serviço, levando em consideração a confiabilidade, segurança, preservação ambiental e custos adequados.

Existem diferentes tipos de métodos de manutenção, desde a manutenção corretiva até a manutenção proativa, que buscam maximizar a disponibilidade dos equipamentos, minimizar custos e prolongar sua vida útil. Para aplicação da manutenção, foi necessário subdividi-la entre metodologias para aplicação devido a necessidade de cada equipamento, sendo assim Kardec *et al* (2009) afirma ser usual agrupar os diferentes tipos de manutenção em 6 diferentes métodos, que nada mais são do que as formas como são encaminhadas as intervenções nos instrumentos de produção, são essas:

- Manutenção corretiva não planejada;
- Manutenção corretiva planejada;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva;
- Manutenção detectiva;
- Engenharia de manutenção.

O autor Herbert Viana aborda afirma que a manutenção tem outras subdivisões possíveis. Viana (2002) afirma que existem pequenas divergências nessas classificações, mas há um consenso sobre as seguintes ordenações:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Autônoma (TPM).

Nesse sentido, é essencial que os gestores e profissionais da área de manutenção conheçam as diferentes opções de métodos de manutenção disponíveis e escolham o mais adequado para cada situação. Portanto, seguindo a abordagem de Viana (2002), a seguir será apresentado de forma mais aprofundada cada tipo de manutenção citado acima.

### **2.2.1 Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha. Ao considerar essa abordagem, é importante analisar os fatores econômicos envolvidos. Sendo essencial levar em consideração as perdas decorrentes das paradas na produção, levando em consideração que a manutenção corretiva pode resultar em custos mais elevados do que o inicialmente esperado (XENOS, 1998).

A manutenção corretiva é caracterizada pela intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente, e se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores (VIANA, 2002).

Segundo Kardec *et al* (2009), manutenção corretiva é a ação de corrigir uma falha ou o desempenho baixo de um equipamento, como por exemplo, realizar uma intervenção para corrigir um defeito que impede seu funcionamento ou correção para melhorar desempenho abaixo do esperado. A manutenção corretiva pode ser dividida em dois tipos: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada. A manutenção corretiva planejada é aquela que ocorre de forma programada, como quando é detectada uma falha que pode ser reparada durante um período de parada programada do equipamento. Já a manutenção corretiva não planejada é aquela que ocorre de forma inesperada e urgente, como quando o

equipamento apresenta uma falha repentina e precisa de intervenção imediata para evitar maiores danos ou perdas.

Na manutenção corretiva não planejada não deveria ser a ocorrência mais usual em muitas organizações, por implicar em custos maiores devido a menor desempenho de produção, qualidade do produto e custos de manutenção. Quebras inesperadas provocam ainda maior desgaste, comprometimento da segurança e integridade do equipamento, sendo possível apresentar deficiências no funcionamento no retorno a operação. (KARDEC *et al*, 2014).

Por outro lado, a manutenção corretiva planejada propicia adequar a necessidade de intervenção com a programação de produção, assim como a disponibilidade de recursos humanos internos e externos condizentes com a tecnologia em questão, assim como a disponibilidade das peças de reposição, dispositivos auxiliares, equipamentos e ferramental necessário à execução do trabalho, diminuindo os custos pela baixa urgência nas aquisições (KARDEC *et al*, 2014).

Portanto, de acordo com Xenos (1998), é muito importante enfatizar que, embora a escolha da manutenção corretiva possa parecer mais vantajosa, não devemos aceitar a ocorrência de falhas como algo inevitável e natural, mesmo no contexto da manutenção corretiva, é essencial dedicar esforços para identificar com precisão as causas raiz das falhas e implementar medidas que as bloqueiem, evitando assim sua recorrência.

### **2.2.2 Manutenção preventiva**

De acordo com Viana (2002), a manutenção preventiva engloba os serviços realizados em máquinas que não estão apresentando falhas e estão em condições operacionais ideais ou livres de defeitos. Esses serviços são executados de acordo com critérios estabelecidos, com o objetivo de diminuir a probabilidade de falhas, garantindo assim uma operação tranquila e promovendo o bom funcionamento das atividades produtivas.

Manutenção preventiva é realizada através de intervenções efetuadas em intervalos definidos de tempo, buscando corrigir falhas ou redução de desempenho, obedecendo um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (KARDEC *et al*, 2009).

Segundo Xenos (1998), algumas coisas que podem limitar esse sistema é a falta de informações precisas por parte dos fabricantes e fornecedores, a influência que fatores

ambientais e operacionais que provocam na degradação do equipamento, exigindo uma periodicidade específica para cada instalação ou planta operando em situações similares. Em função das limitações levantadas, há possibilidade de ocorrerem falhas prematuras nos equipamentos, provocando a necessidade de intervenção antecipada das equipes de manutenção. Ainda de acordo com Xenos (1998) o longo da vida do equipamento, portanto, podem ocorrer falhas entre duas intervenções preventivas gerando assim a necessidade de uma ação corretiva.

De acordo com Viana (2002), as manutenções preventivas reduzem bastante as falhas inesperada, o que ocasionaria além de uma parada inesperada no processo de fabricação, aumento dos custos de manutenção e produção, proporcionando um maior controle sobre o funcionamento dos equipamentos, mas ainda é possível que se admita algumas falhas inesperadas em seu plano, mas garante-se se tratar de acontecimentos isolados, de fácil resolução.

Segundo Kardec *et al* (2009, p.44), define que a empregabilidade da manutenção preventiva se dá quando:

A manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição; quanto mais altos forem os custos de falhas; quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional.

Portanto, de acordo com Kardec *et al* (2009), enquanto a manutenção preventiva oferece benefícios como o conhecimento antecipado das ações, facilitando o gerenciamento das atividades e o planejamento de recursos, bem como a previsibilidade do consumo de materiais e peças de reposição, ela geralmente requer a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução dos serviços programados. Em casos em que os fatores envolvidos não sejam suficientemente robustos ou claros em apoio a essa política, é comum surgirem questionamentos sobre a eficácia da manutenção preventiva em equipamentos, sistemas ou plantas específicas (KARDEC *et al*, 2009).

### **2.2.3 Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva é um tipo de manutenção que utiliza tecnologias e técnicas de monitoramento para identificar sinais precoces de falhas em equipamentos, máquinas ou sistemas, permitindo que a manutenção seja realizada antes que a falha ocorra. Sendo assim, é uma forma proativa de manutenção, que busca antecipar problemas e evitar a ocorrência de paradas não planejadas (Xenos, 1998).

Moro (2007) menciona que a interrupção do funcionamento dos equipamentos de forma inesperada devido a falhas gera diversos prejuízos, entre eles, a parada de produção, danos à imagem da empresa e não cumprimento de metas, a fim de manter a produção e a geração de lucro, as empresas demandam que os equipamentos utilizados no processo produtivo estejam em constante e eficiente funcionamento.

De acordo com Kardec *et al* (2009), a principal vantagem da manutenção preditiva é a capacidade de identificar falhas antes que elas ocorram, permitindo que a manutenção seja realizada de forma planejada, com o mínimo de impacto. De acordo com Dilda *et al* (2017), a esse método de manutenção analisa os dados históricos de desempenho das máquinas para prever quando uma delas provavelmente falhará, limita o tempo em que ficará fora de serviço e identifica a causa raiz do problema, além disso os sistemas de manutenção preditiva coletam dados históricos, para gerar uma base de informações que não podem ser observados com técnicas convencionais. Ainda segundo Dilda *et al* (2017, p.03):

Usando análises avançadas, as empresas podem determinar as circunstâncias que tendem a causar a quebra de uma máquina e monitorar os parâmetros de entrada para que possam intervir antes que a quebra ocorra, ou estar prontas para substituí-la quando ocorrer, minimizando assim o tempo de inatividade. A manutenção preditiva normalmente reduz o tempo de inatividade da máquina em 30 a 50 por cento e aumenta a vida útil da máquina em 20 a 40 por cento.

Para que seja possível realizar o monitoramento desses ativos, utiliza-se de técnicas de ensaios não destrutivos, que são utilizados para detectar e avaliar falhas nos materiais, estas geralmente, são caracterizadas por trincas, poros, inclusões de materiais no cordão de solda ou ainda variações nas propriedades estruturais, que podem levar à perda da resistência e posteriormente à falha do material (SGS GROUP, 2018).

Os ensaios não destrutivos (END) são técnicas amplamente utilizadas nas indústrias na análise de falhas, que possuem a finalidade de detectar características específicas e verificar propriedades mecânicas dos materiais, para caracteriza-las uma possível inconsistência ou comportamento atípico, apesar das inúmeras vantagens seu investimento é alto, muitos utilizam materiais consumíveis e só são manuseados por profissionais qualificados (LEITE, 2014).

Os END incluem métodos capazes de proporcionar informações a respeito do teor de defeitos de um determinado produto, das características tecnológicas de um material, ou

ainda, da monitoração da degradação em serviço de componentes, equipamentos e estruturas (SANTOS, 1999).

Tabela 1 – Aplicação de técnicas de END

| Observação prática              | Máquinas rotativas | Dispositivos estáticos | Dispositivos elétricos | Instrumentos | Estruturas |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------|------------|
| Ensaio não destrutivo           | ✓                  | ✓                      | ✓                      |              | ✓          |
| Exame visual                    | ✓                  | ✓                      | ✓                      | ✓            | ✓          |
| Medidas e análise de vibrações  | ✓                  |                        | ✓                      |              | ✓          |
| Medida de temperatura e pressão | ✓                  | ✓                      |                        |              |            |
| Medida de espessura             |                    | ✓                      |                        |              | ✓          |
| Deteção de vazamento de fluido  |                    | ✓                      |                        |              |            |

Fonte: Adaptado de Nepomuceno (2018)

A tabela 1 afim de exemplificar, indica de forma simples as principais variáveis e os equipamentos que as utilizam. Não é possível tabelar ou classificar todos os métodos e processos disponíveis para obter uma manutenção preditiva eficiente e econômica. No entanto, há um conjunto específico de grandezas ou parâmetros que constituem o grupo principal de variáveis a serem monitorados. A importância de cada um varia de acordo com o equipamento ou dispositivo a ser mantido em boas condições de operação (NEPOMUCENO, 2019).

Para Nepomuceno (2019) o monitoramento da degradação e acompanhamento de falhas do trabalho em questão tem-se as principais técnicas que podem ser divididas em:

- Visual

A principal ferramenta utilizada no ensaio visual são os olhos, e podem ser usados para auxiliar na análise lupas, microscópios, projetores óticos, gabaritos e comparadores, sendo que as técnicas de exames visuais, segundo NEPOMUCENO (2019), consistem da observação de um material ou objeto efetuado pelo próprio olho do inspetor com a ajuda de elementos ou dispositivos auxiliares. A execução deste exame está baseada nas leis fundamentais da óptica geométrica além das propriedades da radiação de energia luminosa.

Nepomuceno (2019) ainda menciona que o exame visual apesar de ser o primeiro a ser aplicado, nada mais é que um exame complementar aos demais métodos, quando se trata de



manutenção preditiva. Deve ser considerado que caso um defeito qualquer tenha sido detectado por um método qualquer, o exame visual poderá ser usado como validação ou até mesmo para acompanhar sua evolução caso o defeito seja detectado somente pelo exame visual e o equipamento continue funcionando, o programa de manutenção preditiva deve ser informado.

- Partículas magnéticas

O ensaio por partículas magnéticas, de acordo com Andreucci (2007), é utilizado na localização de descontinuidades superficiais e subsuperficiais em materiais ferromagnéticos. Como exemplificado na figura 5, o processo consiste em submeter a peça, ou parte desta, a um campo magnético, onde a falta de continuidade das propriedades magnéticas do material, irão causar um campo de fuga do fluxo magnético.

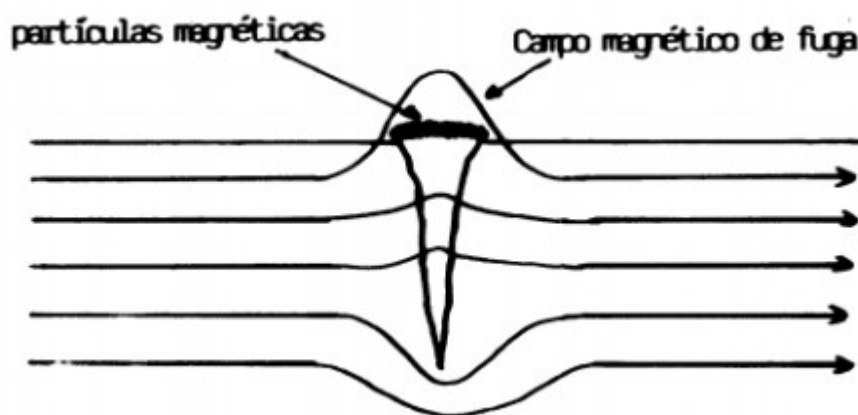


Figura 5: Campo magnético de fuga  
Fonte: Nepomuceno (2019)

Com a aplicação das partículas ferromagnéticas, ocorrerá a aglomeração destas nos campos de fuga, uma vez que serão por eles atraídas devido ao surgimento de polos magnéticos. A aglomeração indicará o contorno do campo de fuga, fornecendo a visualização do formato e da extensão da descontinuidade (ANDREUCCI, 2007).

- Ultrassom

O ensaio por ultrassom, caracteriza-se pela detecção de defeitos ou descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou forma de materiais ferrosos ou não ferrosos, tais defeitos são caracterizados pelo próprio processo de fabricação da peça ou componentes a ser examinada esses podem ser: bolhas de gás em fundidos, dupla laminação em laminados,

micro trincas em forjados, escórias em uniões soldadas e muitos outros (ANDREUCCI, 2008).

Segundo Garcia (2017), ultrassom é um ensaio bastante utilizado para a avaliação ou a inspeção da qualidade de vários componentes, sendo que em ensaios de materiais por ultrassom são aplicados, geralmente, dois métodos de ensaio diferentes e que se completam: o método de transparência, ilustrado a figura 6, utilizando-se vibrações constantes e reflexão, ilustrado na figura 7, utilizando-se pulsos ultrassônicos. A escolha de um ou de outro método é devido ao formato da peça e da natureza do tipo de defeito a ser detectado.

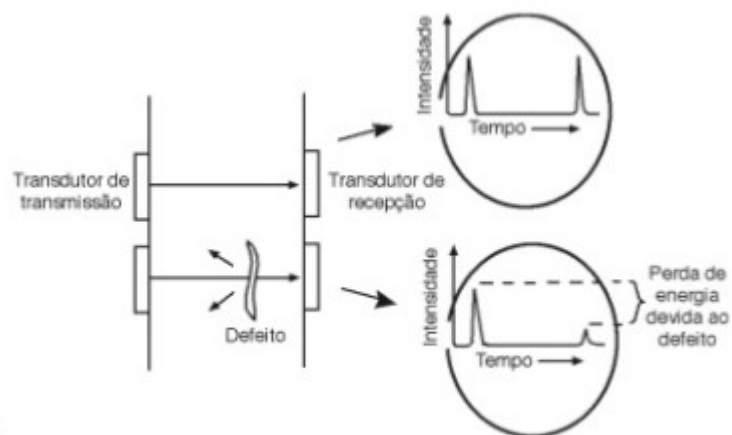


Figura 6: Ilustração do método de ensaio por ultrassom por transparência  
Fonte: Nepomuceno (2019)

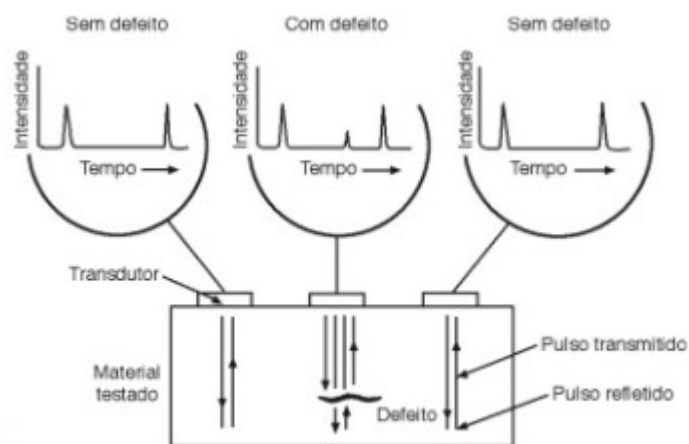


Figura 7: Ilustração do método de ensaio por ultrassom por reflexão.  
Fonte: Nepomuceno (2019)

Independentemente do método, quanto maior a frequência de vibração, menor é o tamanho do defeito possível de ser detectado. Por outro lado, quanto maior a frequência, maior a absorção do sinal (SANTOS, 2017).

- Líquido penetrante

A inspeção por líquidos penetrantes, segundo Nepomuceno (2019), baseia-se na capacidade de certos líquidos em "molhar" a superfície dos materiais e penetrar em cavidades superficiais de magnitude microscópica.

De acordo com Andreucci (2008), o ensaio por líquidos penetrantes tem como finalidade a detecção de descontinuidades superficiais e que sejam abertas na superfície, tais como trincas, poros, dobras, etc. Podendo ser aplicado em todos os materiais sólidos e que não sejam porosos ou com superfície muito grosseira.

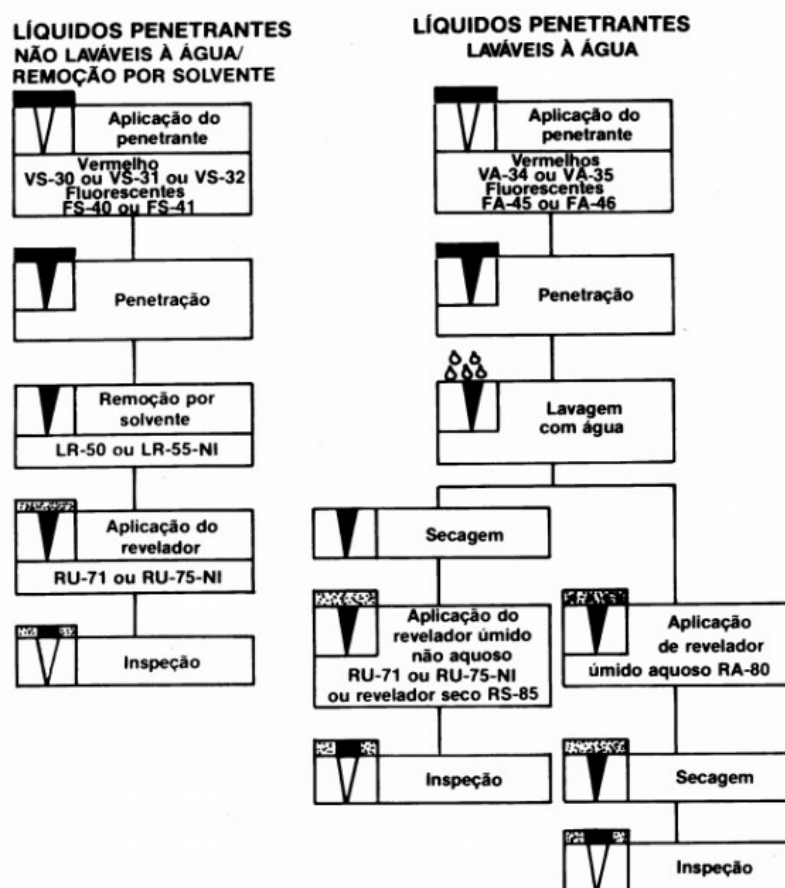


Figura 8: Fluxo e aplicação do ensaio de líquido penetrante (LP)  
Fonte: Nepomuceno (2019)

A aplicação da técnica consiste em fazer penetrar na abertura da descontinuidade um líquido. Após a remoção do excesso de líquido da superfície, faz-se sair da descontinuidade o

líquido retido através de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então desenhada sobre a superfície (ANDREUCCI, 2008).

- Teste hidrostático

O teste hidrostático é um procedimento utilizado para verificar a capacidade dos equipamentos suportarem pressões hidrostáticas em condições seguras de operação, de acordo com Nepomuceno (2018), o método mais comum para verificar vazamentos é aplicar pressão e verificar se há perda de pressão, onde a detecção de vazamentos, especialmente em juntas soldadas, era realizada introduzindo gás sob pressão no interior do dispositivo e, em seguida, aplicando água com sabão em toda a superfície. No entanto, devido à baixa absorção acústica do ar, esse método apresenta o risco de explosão, com consequências imprevisíveis. Por esse motivo, o dispositivo é preenchido com água, que pode ser filtrada ou conter corante para facilitar a identificação de locais com vazamentos (NEPOMUCENO, 2018).

Normalmente, a pressão aplicada é de uma vez e meia a duas vezes a pressão de trabalho. Esse processo pode detectar alguns defeitos ou descontinuidades, mas geralmente apenas aqueles com grandes áreas apresentam vazamento, como trincas na região central das soldas e perfurações passantes, vale ressaltar que trincas e fissuras pequenas podem não ser detectadas, o que torna o método pouco confiável (NEPOMUCENO, 2018).

No entanto, segundo (PORTAL GOV, 2020), conforme a Norma Regulamentadora 13, é importante destacar que o teste hidrostático deve ser realizado por profissionais treinados e experientes, seguindo as normas e regulamentos de segurança aplicáveis, este teste envolve o uso de altas pressões e, portanto, representa um risco significativo se não for realizado corretamente.

- Medição de espessura

Como próprio nome já diz, essa técnica consiste de uma técnica utilizada na inspeção e manutenção de equipamentos e estruturas para determinar a espessura de materiais.

De acordo com Nepomuceno (2018), a medição de espessura é importante porque permite identificar a deterioração ou o desgaste de materiais, indicando a necessidade de reparos ou substituição de componentes antes que ocorra uma falha ou acidente, sendo também usada para verificar se as peças estão dentro das especificações e normas técnicas estabelecidas para a sua operação. Com o desenvolvimento de técnicas ultrassônicas, principalmente a partir do final da década de 1950, o processo de medição passou a ser

realizado por ultrassom pulsado. Inicialmente, a medição era feita por meio dos sinais apresentados em uma tela de tubo de Braun, mas logo o processo foi aprimorado e passou a apresentar os valores diretamente em unidades métricas ou imperiais (NEPOMUCENO, 2018).

Sendo assim, segundo Nepomuceno (2018, p.174), “principalmente quando o trabalho é altamente perigoso seja por perigo de poluição seja por explosão, há necessidade de um monitoramento tempo integral da espessura, dada a corrosão constante e contínua”. Viana (2002, p.16) afirma que a “técnica preditiva necessita de um aparato laboratorial muito eficiente, envolvendo a existência de vários instrumentos”. E Xenos (1998, p.25) define que a “manutenção preditiva é mais uma maneira de inspecionar os equipamentos”.

Portanto, de acordo com Kardec *et al* (2009), conhecendo todas essas definições, podemos afirmar que a manutenção preditiva prevê as condições dos equipamentos, e quando uma intervenção será necessária, sendo possível estabelecer que quando a degradação de um equipamento se aproxima ou atinge o limite estabelecido, é feita a escolha de intervir. Esse tipo de monitoramento possibilita a preparação antecipada do serviço, juntamente com outras decisões e alternativas relacionadas à produção, fazendo desta intervenção uma manutenção corretiva planejada (KARDEC *et al*, 2009).

#### **2.2.4 Manutenção autônoma (TPM)**

Segundo a União Brasileira para a Qualidade - UBQ (2011), a manutenção autônoma, também conhecida como TPM (*Total Productive Maintenance*), pode ser considerada um método de gestão que busca coordenar as atividades de manutenção da empresa, aplicando esforços voltados para a manutenção, instalação e operação dos equipamentos e processos, buscando atingir máxima eficiência e zero defeito. É tido como uma mudança cultural dentro das organizações, exigindo participação e dedicação de todos os departamentos da empresa, desde o cargo mais alto até a frente de operação, incluindo produção, desenvolvimento, administração, entre outros, para prevenção de qualquer tipo de perda, aumentando a capacidade dos equipamentos e processos (UBQ, 2011). Segundo Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (*Japan Institute of Plant Maintenance - J.I.P.M.*) (2002), antes de ser uma política de manutenção, é uma filosofia de trabalho, com forte dependência de envolvimento dos mais diferentes níveis da organização.

A TPM reconhece a manutenção como uma função estratégica da organização, capaz de gerar lucros para a empresa, para isso, preconiza que as políticas de manutenção existentes devem ser integradas e otimizadas, e que a empresa deve estimular o envolvimento dos operadores na manutenção, promovendo a capacitação dos mesmos para que possam participar de projetos e realizar diagnósticos dos equipamentos (MORAES, 2004).

A implementação desse método ajuda a reduzir os custos e a melhorar continuamente os processos, por meio da quantificação, controle e eliminação progressiva dos defeitos encontrados em diversos itens do sistema produtivo (FERNANDES, 2005). Para isso Takahashi *et al.* (1993) ressaltam que a metodologia deve ser aplicada de maneira consciente e em consonância com as necessidades do negócio, sendo importante considerar as particularidades de cada empresa, como a capacidade produtiva, a escala de negócios e a disposição física das instalações industriais, a fim de evitar prejuízos e desconfiança por parte dos funcionários.

Existem etapas a serem realizadas, denominadas como os pilares básicos de sustentação da TPM, que são alicerces norteadores para o desenvolvimento da metodologia junto às organizações (NAKAJIMA, 1989).

A figura 9 ilustra os 8 Pilares de sustentação da manutenção autônoma.



Figura 9: Pilares da TPM  
Fonte: Kardec et al. 2009

Segundo Moraes (2004), esses pilares são descritos como:

- Melhorias específicas: atuação em perdas crônicas e gargalos do processo a fim de potencializar a eficiência dos sistemas de produção (otimização de ações corretivas);
- Manutenção planejada: relacionada às rotinas de manutenção voltadas para prevenção de falhas, como a realização de inspeções periódicas, visando aumento de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos;
- Controle inicial: está relacionado à interface entre a engenharia de projeto e de manutenção, que buscam aumentar a confiabilidade dos processos, a partir da análise de índices de equipamentos existentes quando da implementação de um novo projeto;
- Educação e treinamento: busca o desenvolvimento pessoal e técnico dos colaboradores a partir da realização de treinamentos, como por exemplo de liderança e autonomia;
- Manutenção autônoma: referente à prática de manutenção realizada pelos próprios operadores que, devem conservar seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso;
- Manutenção de qualidade: refere-se à relação existente entre a qualidade dos produtos e a capacidade de atendimento à demanda dos setores de produção e manutenção;
- TPM nas áreas administrativas: busca a otimização dos processos administrativos, detectando e eliminando as perdas do setor, para que estas não prejudiquem as atividades do chão-de-fábrica;
- Segurança, Saúde e Meio Ambiente: concentra-se na melhoria contínua das categorias citadas, diminuindo os riscos relacionados às falhas.

Desses oito pilares, quatro são tidos como as principais metas para implementação da filosofia: eliminação de grandes perdas, manutenção autônoma, planejamento de manutenção, educação e treinamento das equipes em práticas fundamentais de manutenção (SLACK, 2009).

Portanto, segundo Moraes *apud* Perez (1997, p.315), a manutenção produtiva total consiste do “processo de maximização da performance dos equipamentos, disponibilidade e qualidade, com o total envolvimento dos operadores de produção, técnicos, engenheiros, supervisores e gerentes”.

### 2.3 Gestão da manutenção

A gestão de manutenção deve incluir todo conjunto de ações e definições acerca do que se deve fazer, dispor, orientar e controlar a fim de gerir os recursos disponíveis e os ativos para realização das atividades, de forma a atender as expectativas dos clientes relativas à função manutenção (SOUZA, 2008).

De acordo com Nunes *et al.* (2008) à medida que as empresas buscam cada vez mais produtividade e qualidade em seus produtos, e com as transformações tecnológicas e de produção ocorridas nos últimos anos que tornaram os equipamentos cada vez mais complexos, a função de manutenção enfrenta o desafio de garantir a confiabilidade e disponibilidade dos mesmos. Ainda segundo Nunes *et al.* (2008), esses fatores são essenciais para alcançar as metas de desempenho operacional das organizações. A manutenção tem a responsabilidade de atender a três clientes: os proprietários dos ativos que esperam retorno de seu investimento, os usuários diretos dos equipamentos que esperam desempenho confiável, e os consumidores que buscam por produtos de qualidade produzidos com segurança e respeito ao meio ambiente. (NUNES *et al.*, 2008).

A gestão eficiente da manutenção envolve um conjunto de ações e decisões para gerenciar de forma adequada os recursos disponíveis para realizar as atividades necessárias, a fim de atender às expectativas dos clientes em relação à função de manutenção. Isso requer uma abordagem sistemática e integrada que englobe o planejamento, organização, direção e controle das atividades de manutenção, visando maximizar a eficiência, confiabilidade e disponibilidade dos ativos da empresa. Marquez *et al.* (2009) salienta que o gerenciamento deve determinar as prioridades e objetivos da manutenção, definir a implementação de melhorias de modo englobando os aspectos financeiros da organização.

Para obter resultados mais efetivos na gestão, é importante que diferentes tipos de manutenção sejam combinados, nesse sentido, a metodologia assume um papel importante ao buscar melhorias e mudanças nos padrões existentes, investigar as causas de falhas e trabalhar na manutenibilidade, onde a seleção de uma metodologia adequada de gestão de manutenção é crucial para que a função de manutenção possa contribuir para a redução dos custos totais de produção (NETTO, 2008).



## 2.4 NR-13

A NR-13 é uma Norma Regulamentadora emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil que estabelece os requisitos mínimos para a segurança na operação de vasos de pressão, caldeiras, tubulações industriais, além da instalação de tanques. Essa norma é aplicável a todos os empregadores e trabalhadores que estejam envolvidos com a operação desses equipamentos (PORTAL GOV, 2020).

Como objeto de estudo para esse trabalho, é abordado um desses equipamentos que são citados na norma, os vasos de pressão. Os vasos de pressão são equipamentos utilizados em diversos processos industriais, como caldeiras, tanques, reatores, entre outros. Esses equipamentos estão sujeitos a altas pressões e temperaturas, o que pode representar riscos de acidentes graves caso não sejam projetados, fabricados, instalados e operados corretamente (TELLES, 1992).

De acordo com o Portal Gov (2020) a NR-13 aplicada a vasos de pressão, estabelece os requisitos mínimos para integridade estrutural desses equipamentos e também reporta a responsabilidade do empregador no cumprimento da norma que se refere como fazer o acompanhamento um vaso de pressão. Ainda de acordo com o Portal Gov (2020), esses requisitos mínimos são:

- Quando o produto (P.V.) da pressão máxima de operação em quilo pascal (kPa) e V o seu volume interno em metros cúbicos ( $m^3$ ), seja superior a 8 (oito);
- Quanto ao gás e fluido que passa ou será armazenado. Esses fluidos podem ser descritos em classes, onde a classe A independem das dimensões do produto P.V. e também qualquer tubulação interligada entre um vaso de pressão e uma caldeira com fluido A ou B;
- Equipamentos como recipientes transportáveis, vasos de pressão destinados ao transporte de produtos, reservatórios portáteis de fluido comprimido e extintores de incêndio, dutos, fornos e serpentinas para troca térmicas, vasos que fazem parte de máquinas de fluido rotativo ou alternativo;
- Vasos de pressão com diâmetro inferior a 150 (cento e cinquenta) milímetros para fluidos B, C e D;

- Trocadores de calor por placas corrugadas gaxetadas, geradores de vapor não enquadrados no código de vasos de pressão;
- Tubulação de rede pública e distribuição de água e gás e de coleta de esgoto como tubos de instrumentação devem ser submetidos às inspeções em códigos e normas nacionais ou internacionais.

Geralmente se constitui condições de risco grave e iminente - RGI o não cumprimento de qualquer item previsto que cause doença ou acidente com lesão grave à integridade física do trabalhador, na disposição geral encontra-se os deveres do empregador e como agir quando á projetos de alteração ou reparos do vaso de pressão, manutenção e monitoramento de dispositivos de segurança (PORTAL GOV, 2020).

De acordo com Portal do GOV (2020), o item 13.5 da NR-13 trata do vaso de pressão como equipamento que contém fluidos sob pressão interna ou externa, diferente da atmosférica, classificados em categoria, segundo a classe de fluido e potencial de risco. A classificação específica para os fluidos é de acordo com:

Classe A: Fluidos inflamáveis; Fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200°C; Fluidos tóxicos com limites de tolerância igual ou inferior a 20(vinte) partes por milhão (ppm); Hidrogênio; Acetileno.

Classe B: Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200°C (duzentos graus Celsius); Fluido tóxicos com limite de tolerância a 20 (vinte) partes por milhão (ppm);

Classe C: Vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido. Classe D: Outros fluidos não enquadrados acima. (PORTAL GOV, 2020).

Quando tratar de mistura deverá ser classificado o fluido que apresenta maior risco aos trabalhadores (PORTAL GOV, 2020).

A classificação dos grupos de potencial é dada a partir do risco em função do P.V. Onde quando o vaso trabalha em condição de vácuo enquadra-se na: Categoria I: para fluidos inflamáveis ou combustíveis, ou na Categoria V: para outros fluidos, segundo a Classificação da categoria da NR-13, tem-se a classificação conforme a tabela 2.

Tabela 2- Categoria dos vasos de pressão

**CATEGORIAS DE VASOS DE PRESSÃO**

| Classe de Fluido  | Grupo de Potencial de Risco |                                      |                                      |                                     |             |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
|   | 1<br>PV<br>100              | 2<br>PV<br>100<br>PV <sup>3</sup> 30 | 3<br>PV<br>2,5<br>PV <sup>3</sup> 30 | 4<br>PV<br>2,5<br>PV <sup>3</sup> 1 | 5<br>PV < 1 |
|   | Categorias                  |                                      |                                      |                                     |             |
| "A"<br>- Líquidos inflamáveis combustível com temperatura igual ou superior a 200 °C<br>- Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm<br>- Hidrogênio<br>- Acetileno | I                           | I                                    | II                                   | III                                 | III         |
| "B"<br>- Combustível com temperatura menor que 200 °C<br>- Tóxico com limite de tolerância > 20 ppm   | I                           | II                                   | III                                  | IV                                  | IV          |
| "C"<br>- Vapor de água<br>- Gases asfixiantes simples<br>- Ar comprimido  | I                           | II                                   | III                                  | IV                                  | V           |
| "D"<br>- Água ou outros fluidos não enquadrados nas classes "A" "B" ou "C" com temperatura superior a 50 °C   | II                          | III                                  | IV                                   | V                                   | V           |

Fonte: PORTAL GOV (2020).

De acordo com o item 13.5.1.3 da NR-13, todo vaso de pressão deve seguir algumas exigências, como a presença de válvula ou outro dispositivo de segurança ajustado à pressão máxima de trabalho admissível (PMTA), a adoção de meios contra o bloqueio acidental do dispositivo de segurança, além da fixação de uma placa de identificação no vaso, contendo informações como fabricante, número de identificação, ano de fabricação, pressão máxima de trabalho admissível, pressão de teste hidrostático de fabricação, código de projeto e ano de edição (PORTAL GOV, 2020).

A empresa deve arquivar em local de fácil acesso a documentação exigida na NR-13, que se refere ao prontuário do fabricante com informações do projeto, registro de relatórios de conformidades e certificado que o empregador deve atualizar, conforme a necessidade de cada vaso, garantindo a integridade da instalação e segurança de trabalhadores, que de acordo com Portal do GOV (2020), são os seguintes itens:

- a) Prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante
  - Código de projeto e ano de edição;
  - Especificação dos materiais;
  - Procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final;
  - Metodologia para estabelecimento da PMTA;
  - Conjunto de desenhos e demais dados necessários

- para o monitoramento da sua vida útil;
  - Pressão máxima de operação;
  - Registros documentais do teste hidrostáticos;
  - Características funcionais, atualizadas pelo empregador sempre que alteradas as originais;
  - Dados dos dispositivos de segurança, pelo empregador sempre que alterados os originais;
  - Ano de fabricação;
  - b) Registro de Segurança em conformidades com item 13.5.1.8;
  - c) Projeto de Instalação em conformidade com os itens 13.5.2.4 e 13.5.2.5;
  - d) Projeto de alteração ou reparo em conformidade com os itens 13.3 e 13.3.7;
  - e) Relatório de inspeção em conformidade com o item 13.5.4.13;
  - f) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.
- (PORTAL GOV, 2020).

A NR-13 determina que todo vaso de pressão precisa passar por inspeção de segurança inicial, periódica e extraordinária, e deve compreender por exame externo e interno e teste hidrostático, por um profissional habilitado:

...aquele que tem competência legal para exercício da profissão nas atividades referentes ao projeto de construção, acompanhamento operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

Para os prazos de inspeção periódica dos vasos, deve-se obedecer ao limite máximo estabelecido pela NR-13 no qual traz a categoria, exame externo e exame interno. O item 13.10.3 da norma se refere a periodicidade para quem não tem serviço próprio de inspeção de equipamento (SPIE), apresentando período dos exames e teste hidrostático indicado.

Tabela 3 - Teste Hidrostático para quem não possui serviço próprio

| <b>Categoria</b> | <b>Exame Externo</b> | <b>Exame Interno</b> | <b>Teste Hidrostático</b> |
|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>I</b>         | 1 Ano                | 3 Anos               | 6 Anos                    |
| <b>II</b>        | 2 Anos               | 4 Anos               | 8 Anos                    |
| <b>III</b>       | 3 Anos               | 6 Anos               | 12 Anos                   |
| <b>IV</b>        | 4 Anos               | 8 Anos               | 16 Anos                   |
| <b>V</b>         | 5 Anos               | 10 Anos              | 20 Anos                   |

Fonte: Portal Gov (2020).

Sendo assim, como demonstrado na tabela, os exames seguem a periodicidade de acordo com a sua categoria. Já para as empresas que possuem serviço próprio de inspeção de equipamento, o mesmo item da norma estabelece que as periodicidades dos exames e teste hidrostático, devem ser de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Teste Hidrostático para quem possui serviço próprio

| <b>Categoria</b> | <b>Exame Externo</b> | <b>Exame Interno</b> | <b>Teste Hidrostático</b> |
|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>I</b>         | 3 Anos               | 6 Anos               | 12 Anos                   |
| <b>II</b>        | 4 Anos               | 8 Anos               | 16 Anos                   |
| <b>III</b>       | 5 Anos               | 10 Anos              | A critério                |
| <b>IV</b>        | 6 Anos               | 12 Anos              | A critério                |
| <b>V</b>         | 7 Anos               | A critério           | A critério                |

Fonte: Portal Gov (2020).

Para os exames realizados pelo serviço próprio, como demonstrado na tabela 4, tem uma periodicidade maior que quando o serviço é prestado por terceiros.

Além disso, todo equipamento constituído com vaso de pressão que trabalhe com temperatura inferior a 0° C (zero grau Celsius) e que operem em condições nas quais a experiência mostre que não ocorre deterioração devem ser submetidos a exame interior a cada 20 (vinte) anos e exame externo a cada 2 (dois) anos (PORTAL GOV, 2020).

Portanto, segundo o Portal Gov (2020), a NR-13 é uma norma de cumprimento obrigatório e sua não observância pode acarretar embargo ou interdição dos equipamentos, podendo ter como consequências penalidades previstas na norma regulamentadora 28 (NR 28). A NR-13 (2019) tem como objetivo principal prevenir acidentes de trabalho envolvendo esses equipamentos, garantindo a segurança e a saúde dos trabalhadores que atuam em ambientes que envolvam vasos de pressão, caldeiras, tubulações e tanques metálicos de armazenamento.

### **3 METODOLOGIA**

Este capítulo tem por objetivo apresentar os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do projeto, as metodologias e os materiais adotados para tabulação e coleta dos dados, além da forma como os dados foram tratados.

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

Metodologia é um procedimento formal, é um conjunto de técnicas e procedimentos utilizados para realizar uma pesquisa ou estudo, que inclui desde a definição do problema até a análise dos dados coletados. Podendo ser vista como um roteiro a ser seguido para que o pesquisador alcance os objetivos da pesquisa de maneira sistemática e rigorosa. Ela envolve a definição do tipo de pesquisa a ser realizada, a seleção dos participantes, a coleta e análise dos dados, e a interpretação dos resultados. (MARCONI e LAKATOS, 2007).

O trabalho é classificado como de caráter exploratório com parâmetros qualitativos, através de uma análise de uma gestão aplicada a ativos, com base na experiência vivida pela empresa, que necessitava da implementação dessa metodologia.

A metodologia exploratória, de acordo com Gil (2008) é uma das etapas da pesquisa científica, cujo objetivo é explorar um assunto ou problema que ainda não foi suficientemente estudado ou compreendido. Nessa etapa, o pesquisador busca obter um conhecimento inicial e geral sobre o tema, a fim de identificar aspectos relevantes e direcionar o estudo para as próximas etapas da pesquisa.

Já a metodologia qualitativa é uma abordagem de pesquisa que busca compreender e interpretar a complexidade dos fenômenos sociais, culturais e humanos, considerando a subjetividade e as particularidades das experiências vividas pelos indivíduos. Essa metodologia parte do pressuposto de que a realidade é construída socialmente, ou seja, é resultado das interações entre as pessoas e suas percepções e interpretações do mundo. Portanto, a metodologia qualitativa busca entender como as pessoas experienciam e atribuem significado aos fenômenos estudados (GRESSLER, 2018).

Para alcançar esse objetivo, Gressler (2018) ainda aborda que a metodologia qualitativa utiliza técnicas como entrevistas em profundidade, observação participante, estudo de caso, análise de discurso, entre outras. Onde:

- A entrevista em profundidade é uma técnica que busca compreender as perspectivas, crenças e experiências dos participantes por meio de conversas individuais e estruturadas;
- A observação participante consiste em inserir o pesquisador no ambiente em que os fenômenos são observados, a fim de compreender como as pessoas interagem e como ocorrem as práticas cotidianas;
- O estudo de caso é uma técnica que busca compreender um fenômeno particular, analisando-o em profundidade e levando em consideração o contexto em que ele se insere;
- A análise de discurso é uma técnica que busca compreender como as palavras são usadas para construir sentidos e significados em diferentes contextos.

Além disso, a metodologia qualitativa enfatiza a importância do papel do pesquisador no processo de pesquisa, reconhecendo a sua subjetividade e o seu papel ativo na construção do conhecimento. Por isso, é importante que o pesquisador esteja aberto ao diálogo e ao debate com os participantes e com outros pesquisadores, a fim de ampliar as perspectivas e compreender melhor a complexidade dos fenômenos sociais e culturais estudados (GRESSLER, 2018).

Na revisão bibliográfica tem-se que a metodologia consiste da busca e análise de artigos, livros e outros materiais já publicados sobre o tema de interesse, permitindo que o pesquisador obtenha uma visão geral do assunto e identifique lacunas no conhecimento existente. Já o estudo de casos envolve a análise aprofundada de um ou mais casos relacionados ao tema em estudo, com o objetivo de compreender as particularidades do assunto e as possíveis causas ou efeitos (Gil, 2008).

E por fim, Marconi e Lakatos (2010) traz que a metodologia de análise de documentos é uma técnica de pesquisa que consiste na coleta e análise de dados disponíveis em documentos, tais como livros, artigos, relatórios, atas, registros, entre outros. Ainda de acordo com Marconi e Lakatos (2010), a metodologia de análise de documentos envolve três etapas: a seleção dos documentos, a leitura e a análise dos dados. Sendo elas:

- Na primeira etapa, o pesquisador deve selecionar os documentos relevantes para a pesquisa, levando em consideração a natureza do problema de pesquisa e os objetivos da pesquisa;

- Na segunda etapa, o pesquisador deve realizar a leitura atenta dos documentos selecionados, com o objetivo de identificar as informações relevantes e pertinentes ao problema de pesquisa. É importante que o pesquisador faça anotações e destaque as informações mais importantes durante a leitura;
- Na terceira etapa, o pesquisador deve realizar a análise dos dados, buscando identificar as relações e conexões entre as informações coletadas nos documentos. É possível utilizar técnicas de análise de conteúdo para categorizar e codificar as informações coletadas.

Além disso, Marconi e Lakatos (2010) ressaltam a importância de se avaliar a confiabilidade e a validade dos dados obtidos por meio da análise de documentos. Para tanto, o pesquisador deve buscar documentos de fontes confiáveis e estabelecer critérios claros de seleção das normas para embasamento e instrumentos de coleta de dados.

### 3.2 Materiais e Métodos

O estudo abordado nesse trabalho, Figura 10, exemplifica o fluxo seguido para realização do trabalho. Com estes passos, adotando as referências bibliográficas e algumas ferramentas como auxílio, foi possível chegar à conclusão do final deste documento.

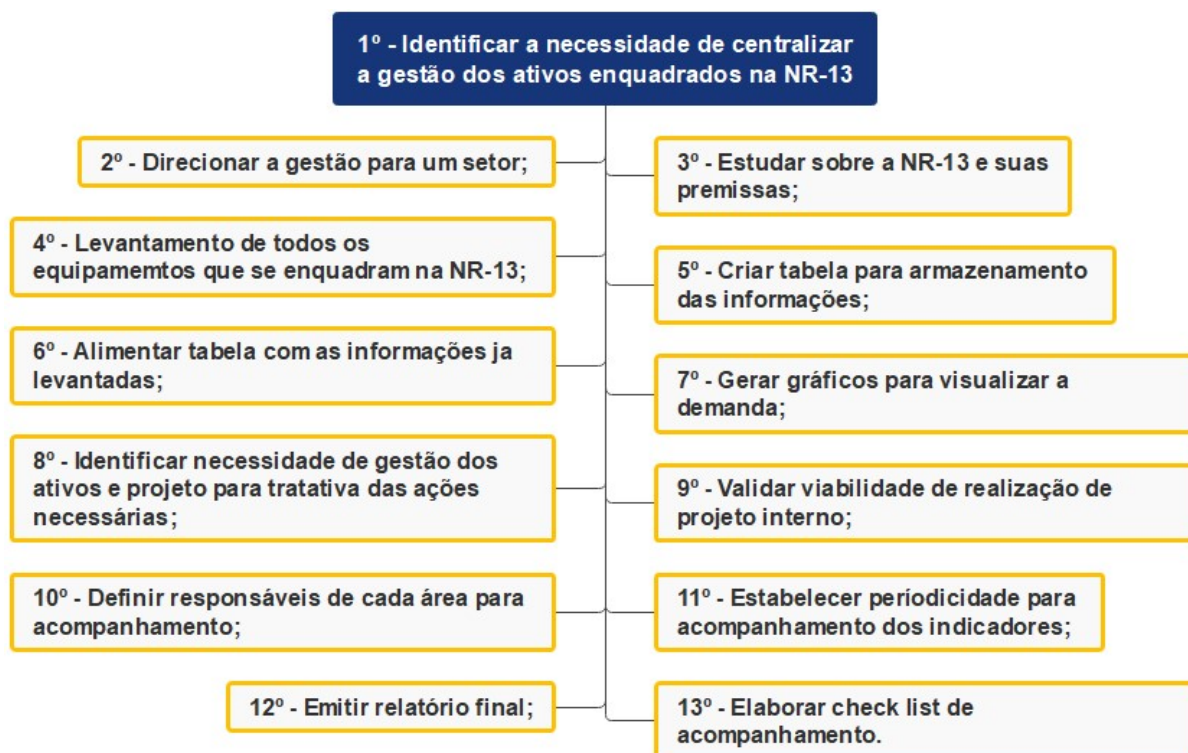


Figura 10: Etapas da metodologia.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).



Devido à dificuldade para disponibilizar um funcionário de cada área para acompanhar e gerir os vasos de pressão do seu setor, as gerencias optam por centralizar essa demanda em um só setor da manutenção, onde esse ficaria responsável pela gestão e acompanhamento de todos os equipamentos. Isso facilitaria não só o acompanhamento dos cumprimentos dos pré-requisitos das normas, mas também ajudaria no acompanhamento das auditorias do ministério do trabalho quando se tratava de NR-13, que anteriormente tinham dificuldade de acesso as informações devido a não padronização das áreas para arquivamento das informações.

Ao receber a demanda, primeiramente foi necessário conhecer a norma NR-13, para entender quais os equipamentos se enquadravam na norma. Conhecendo a norma, se fez necessária uma atenção especial ao item 13.5 da norma que se trata dos vasos de pressão, que seriam os objetos dessas auditorias em específico.

Para entender o que precisava ser feito a partir disso, foi feito um trabalho de campo, que chamamos de auditorias internas, que se dava pela identificação de cada um dos vasos de pressão instalados nas unidades da empresa. Todos os setores da empresa precisam ser auditados para mapeamento de cada um dos equipamentos identificados como vasos de pressão, colete os dados de cada unidade de equipamento. Esses equipamentos deverão ser identificados de acordo com o código individual denominada pela empresa como TAG. E desta forma será possível verificar todos os itens necessários para que estes ativos estejam de acordo com as especificações na NR-13.

Com todos os dados em mão, será necessário desenvolver uma tabela no Microsoft Excel para arquivar todas as informações coletadas em campo, essa deverão seguir as premissas previstas na NR-13.

Coletas todas as informações dos vasos de pressão e preenchida a planilha, devido a grande quantidade de informações, fica extremamente difícil quantificar os pontos de atuação, portanto foram desenvolvidos gráficos, afim para que pudéssemos analisar de forma quantitativa a condições dos vasos de pressão de toda a empresa.

Após a identificação da quantidade de adequações que seriam necessárias fazer nos vasos, foi identificada a necessidade da implementação de uma gestão para esses ativos, vinculado a princípio a um projeto interno para a tratativa da quantidade de não conformidades existentes.

Esse projeto interno tinha como objetivo, dentro de um prazo de seis meses implementar a gestão de ativos para todos os vasos de pressão e zerar as não conformidades existentes.

Para entender a viabilidade e necessidade do projeto interno, foi feito um estudo com base na metodologia DMAIC, que é composto pelas letras iniciais das etapas que compõem a metodologia, sendo essas etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Esse documento deve ser preenchido conforme do anexo 1.

Após viabilizado o projeto interno, foi necessário criar uma interface com um profissional de cada uma das áreas deverá ser nomeado como “facilitador”, para acompanhamento das ações em cada um dos vasos, este ficaria responsável pelas manutenções, ou providenciar recursos necessários para as manutenções dos vasos de pressão da sua área de atuação.

Além disso, é importante definir uma periodicidade para realização de reuniões com cada um dos facilitadores, onde será feito o acompanhamento das condições dos equipamentos já mapeados, necessidades de adequações a NR-13 a novos equipamentos, tratativas e manutenções realizadas e a serem realizadas nas próximas semanas, acompanhamento dos indicadores; entre outras necessidades que surgirem para que todos os equipamentos da área estivessem atendendo as premissas da NR-13 da empresa. Desta forma o acompanhamento da evolução dos indicadores tem duração de seis meses, de julho de 2020 à janeiro de 2021.

Essa periodicidade foi variando de acordo com a criticidade dos indicadores, a principio onde os indicadores apontavam necessidade de muitas ações foram realizadas semanalmente, com a evolução dos indicadores, passaram a ser quinzenal e até mesmo mensal.

A emissão do relatório final no final do sexto mês, teve como objetivo comparar de uma curva de tendencia com relação a curva real do número de não conformidades de todos os vasos de pressão da empresa, ou seja, isso pode ser descrito também pelo número de ações (necessidade de adequação a NR-13) que estariam acumuladas no final do período do projeto versus o número de ações reais o após a implementação da gestão de acompanhamento dos equipamentos. Para curva de tendencia é projetado número de vencimentos de calibração de instrumentos e exames de integridade física do período em questão, somados às não conformidades já existentes.

Para a curva com os valores reais, deve-se atualizar a planilha para que os indicadores espelhem os valores reais das condições dos equipamentos. Para projeção destas curvas devem ser extraídas periodicamente informações dos indicadores para que seja feita um novo gráfico de comparação das informações.

Sendo assim, a necessidade do acompanhamento dos indicadores e a gestão de ativos se faz necessária para viabilizar o cumprimento premissas da norma, como documento final além do relatório foi necessário desenvolver um *checklist*, para auditoria internas, afim de manter todas as informações sobre os vasos de pressão atualizadas.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

Para Gil (2017), variável é uma característica que pode ser medida ou observada e que pode assumir diferentes valores ou estados em um determinado conjunto de indivíduos ou objetos, já os indicadores são medidas ou valores utilizados para representar ou mensurar as características das variáveis. Os indicadores permitem transformar as variáveis em dados quantitativos, facilitando sua análise e interpretação.

A tabela 5 ilustra as variáveis pertinentes à pesquisa, bem como seus respectivos indicadores.

Tabela 5 - Variável e Indicadores

| Variável         | Indicadores  |
|------------------|--|
| Gestão de ativos | Objeto de estudo (vaso de pressão);<br>Indicadores;<br>Planos de manutenção;<br>Avaliação dos riscos;<br>Auditorias internas.  |
| NR-13            | Calibração de instrumentos (manômetro e válvula de segurança);<br>Exames externos e internos;<br>Identificação dos ativos (faixa adesiva e placa metálica);<br>Documentação local (Prontuário, livro de registro de manutenções);<br>Instalação de iluminação de emergência;<br>Instalação de aterramento. |

Fonte: Pesquisa direta (2023).

Os indicadores são importantes para a pesquisa científica, pois permitem que as variáveis sejam mensuradas de forma objetiva e sistemática, facilitando a análise e a interpretação dos dados coletados. Compreendendo as variáveis e seus indicadores, é viável ter um maior controle sobre a pesquisa em relação às medições e valores obtidos.

### **3.4 Instrumento de coleta de dados**

Neste trabalho é utilizado um único instrumento de coleta de dados, onde foi elaborada uma planilha no Microsoft Excel com base nas premissas estabelecidas pela NR-13, sendo cada coluna os pré-requisitos da norma que cada um dos equipamentos ou suas instalações devem obedecer, e as linhas cada um dos equipamentos devidamente identificado.

Essa planilha será usada para que seja feita a gestão desses ativos, onde ficam registradas todas as possíveis ações geradas por não cumprimento dos pré-requisitos, também podendo ser descritas como não conformidades (NC), para esse projeto cada um dos equipamentos pode acumular até 12 NC.

Considerando que cada linha desta planilha é representada por um equipamento, as colunas são nomeadas como:

- Unidade: cidade onde o equipamento está instalado;
- TAG;
- Área: setor da empresa onde está instalado, este deve ser codificado;
- Ano fabricação do vaso de pressão;
- Pressão de abertura da válvula de segurança (MPa);
- PMTA (MPa);
- Pressão Teste Hidrostático (MPa);
- Volume (m<sup>3</sup>);
- P x V (MPa x m<sup>3</sup>);
- Grupo de Risco do vaso de pressão;
- Fluido do vaso de pressão;
- Classe Fluido do vaso de pressão;

- Categoria do vaso de pressão;
- Periodicidade inspeção externa: (Anos);
- Periodicidade inspeção interna: (Anos/ se aplicável);
- Data do próximo exame externo;
- Data do próximo exame interno (se aplicável);
- Etiqueta de identificação da válvula de segurança;
- Data da próxima calibração da válvula de segurança;
- Etiqueta de identificação do manômetro;
- Data da próxima calibração de manômetro;
- Aterramento;
- Iluminação Emergência;
- Placa metálica de identificação;
- Faixa adesiva;
- Prontuário;
- Desenho;
- Memorial cálculo;
- Livro Registro;

Após finalização da estrutura dessa planilha, as informações precisam coletadas em campo, anotando em folha de papel A4 os dados de cada vaso de pressão com as informações de todos os itens acima, para que posteriormente a planilha seja alimentada com toda a informação da real situação dos vasos de pressão.

### **3.5 Tabulação dos dados**

Todos as informações obtidas pelo instrumento de coletas, foram transformadas em gráficos, no próprio Microsoft Excel, esses servem para orientar e facilitar a visualização de quantidade de ações. Os gráficos são baseados no na planta em que está instalado o vaso, e na área específica onde ele opera. Portanto para cada área temos um total 3 gráficos, sendo eles:

- Priorização de adequação
- Risco grave iminente (RGI)
- Não conformidades

Todos os gráficos tem o intuito de mostrar quantidade de ações de adequações que precisam ser feitas para que todos os vasos de pressão estejam aderentes a NR-13.

### **3.6 Considerações Finais do capítulo**

Neste capítulo, foi descrito o processo de realização da pesquisa, incluindo a descrição dos materiais e métodos utilizados, as variáveis e indicadores considerados e alguns pontos relevantes ao longo do processo. No próximo capítulo, serão apresentadas as análises dos resultados referentes à aplicação da metodologia descrita a um conjunto de vasos de pressão de uma empresa do setor siderúrgico, que deverá servir como guia para a obtenção dos resultados e conclusão do trabalho.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Características na empresa/setor**

Uma empresa siderúrgica é uma empresa envolvida na produção e comercialização de produtos siderúrgicos, que são materiais produzidos pelo processamento de minério de ferro. A siderurgia envolve a transformação do minério de ferro em ferro-gusa, que é então refinado para produzir aço.

As siderúrgicas possuem instalações industriais complexas, incluindo siderúrgicas, beneficiamento de minério, altos-fornos, aciaria, laminadores, usinas acabadoras; entre outros processos de finalização do produto, onde são realizadas várias etapas do processo de fabricação do aço. Os produtos siderúrgicos são amplamente utilizados em vários setores, como construção, petróleo e gás, automotivo, engenharia, energia e infraestrutura.

Essas empresas geralmente operam tanto no mercado interno quanto no internacional e fornecem materiais para empresas de diversos setores. É conhecido por ser um setor que desempenha um papel importante na economia de muitos países, pois é um setor intensivo em mão de obra e contribui para o crescimento econômico, geração de empregos e desenvolvimento industrial.

Uma empresa do setor siderúrgico, como a empresa em questão que é especializada na fabricação de tubos, possui instalações industriais especializadas. Essas instalações são projetadas para produzir tubos de aço em diferentes tamanhos, diâmetros e especificações, de acordo com as necessidades do mercado.

O processo de fabricação de tubos de aço pode variar dependendo da técnica utilizada, para este caso envolve as seguintes etapas, como demonstra a figura 11.

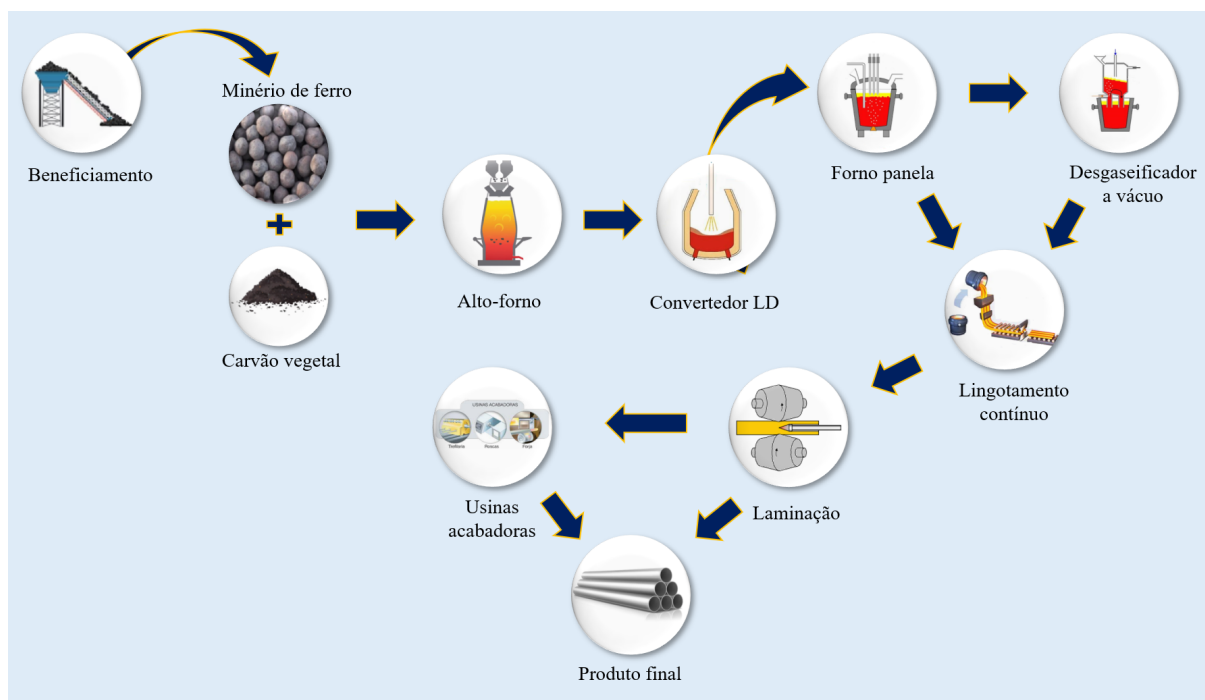


Figura 11: Processo simplificado de fabricação tubos  
 Fonte: Pesquisa direta (2023).

Na figura 11 mostra um exemplo de processo de fabricação de no setor siderúrgico, o processo da empresa em questão começa com o beneficiamento do minério de ferro, onde se dá origem as pelotas, essas são encaminhadas para o alto forno juntamente com carvão vegetal, para se seja possível dar origem à gusa. Após obtenção do ferro gusa, este será utilizado na aciaria, e misturado a outras ligas dará origem ao aço. Na aciaria levando em consideração a imagem 11, é onde se encontram o convertedor LD, forno panela, desgaseificador a vácuo, e lingotamento contínuo. Só após todo este processo o aço está pronto para ser conformado, por laminação, dando origem as tubulações.

Para o bom funcionamento da empresa e dos processos, é importante ressaltar a importância de definições de papéis e responsabilidades, onde as pessoas vão assumir onde as pessoas vão assumir posições e funções específicas de acordo com suas habilidades, experiências e competências. Isso ajuda a estabelecer uma estrutura organizacional clara, promovendo a eficiência, a coordenação efetiva e o alcance dos objetivos da empresa.

A estrutura organizacional se divide por setores do processo de fabricação, como podemos ver na figura 12.



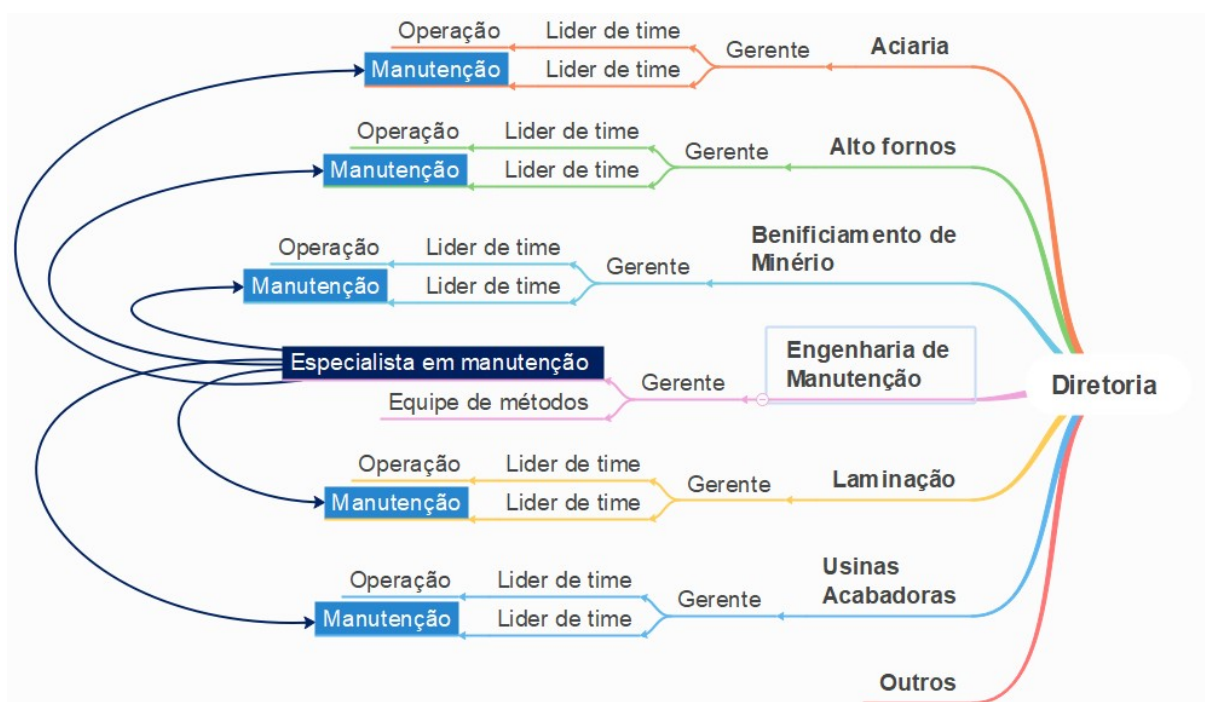


Figura 12: Organograma  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

Sendo assim, como é possível ver no organograma da figura 12, todos os setores são independentes, salvo exceção da engenharia de manutenção, onde os especialistas em manutenção dão suporte técnico para as manutenções dos demais setores. Este suporte se dá desde realização de projetos para sanar problemas em ativos críticos, até mesmo a implementação e gestão de ativos.

Portanto, dentro deste cenário, a aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão, foi realizada dentro do setor de engenharia de manutenção, de forma a dar suporte aos demais setores na gestão dos seus ativos.

#### 4.2 Descrição do equipamento: vasos de pressão

Um vaso de pressão é um recipiente projetado para armazenar substâncias líquidas ou gasosas sob pressão de maneira segura. Ele permite a contenção e o armazenamento de substâncias líquidas ou gasosas em condições de alta pressão, garantindo a integridade e a segurança dos processos industriais. Além disto ele tem a característica de regular a pressão do sistema, acumular energia, separar fases, controlar processos.

Diversos modelos de vasos de pressão são utilizados no setor siderúrgico, esses são projetados para atender as necessidades específicas da indústria. São apenas alguns exemplos

comuns de vasos de pressão encontrados na indústria: caldeiras, reatores, compressores, separadores, torres de resfriamento, tanques de armazenamento, cilindros hidráulicos.

É sempre importante ressaltar que a escolha do modelo de vaso de pressão depende das especificidades do processo siderúrgico, das propriedades do fluido utilizado e dos requisitos pertinentes de pressão, temperatura e segurança. Cada vaso de pressão deve ser projetado, construído e operado de acordo com as normas e regulamentos técnicos, garantindo segurança e bom desempenho.

Para atendimento dos processos de fabricação dos tubos, existem vários tipos de vasos de pressão, dentre todos esses o mais empregado são os acumuladores hidráulicos. Um acumulador hidráulico é um dispositivo que armazena energia hidráulica e pode ser usado para suprir picos de energia. Seu funcionamento é baseado em um sistema de pressão que faz com que o fluido hidráulico seja armazenado em um vaso e liberado quando necessário para gerar energia.

O acumulador hidráulico também pode ser utilizado para regular a vazão de líquidos em sistemas hidráulicos, o que proporciona maior eficiência e estabilidade durante sua operação. Este tipo de dispositivo pode ser muito útil para o processo e outros dispositivos que precisam suprir grandes demandas de energia em horários específicos.

Um dos modelos mais comuns de acumuladores empregados no sistema de produção é o do tipo bexiga, como da figura 13.

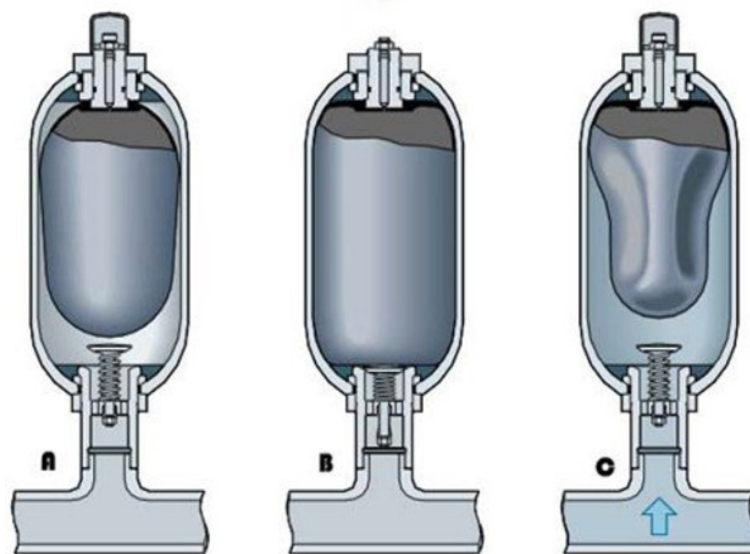


Figura 13: Acumulador hidráulico do tipo bexiga  
Fonte: Hidráulica e pneumática (2023).

Como foi possível observar na figura 13, o acumulador tipo bexiga é composto por um invólucro cilíndrico com uma extremidade fechada. No interior, há uma bexiga flexível, posicionada de forma a ocupar parte do volume do invólucro. O acumulador é preenchido com um fluido hidráulico, no espaço entre a bexiga e o invólucro. Inicialmente, o fluido é introduzido no acumulador sob pressão, comprimindo a bexiga e ocupando parte do volume disponível.

A pressão é geralmente estabelecida por um dispositivo externo, quando o fluido hidráulico é pressurizado, a bexiga é comprimida, armazenando energia potencial, na forma de pressão hidráulica no fluido e na deformação elástica da bexiga. Quando há uma demanda por energia hidráulica, o fluido é liberado do acumulador e então a bexiga flexível se expande à medida que o fluido é liberado, convertendo a energia armazenada em energia cinética. Enquanto o fluido é liberado, o acumulador pode continuar fornecendo energia hidráulica até que a pressão do fluido atinja um nível mínimo, momento em que a bexiga começa a se contrair novamente.

Devido a alta pressão de trabalho desses equipamentos, se faz necessária a utilização de alguns dispositivos para controle e proteção contra excesso de pressão e aumentos de temperatura inadmissíveis. Esses podem ser manômetros e válvulas de alívio de pressão, também conhecidas como válvulas de segurança.

#### **4.3 Análise da aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão**

Durante um processo de auditoria do Ministério do Trabalho para verificar o cumprimento da NR-13, observou-se uma grande dificuldade de acesso às informações sobre os vasos de pressão da empresa. Isso ocorreu devido à falta de padronização do processo, alguns setores contavam com funcionários designados para acompanhar as manutenções e arquivar os documentos relacionados aos vasos de pressão, enquanto outros não possuíam essa organização. Diante dessa situação, identificou-se uma oportunidade de melhoria por meio da centralização das informações, o que permitiria padronizar os processos e gerenciar esses ativos, viabilizando o cumprimento da NR-13.

Após identificada a necessidade de centralizar a gestão dos equipamentos, a escolha recaiu sobre a engenharia de manutenção devido à sua interface com a manutenção de todos os outros setores da empresa. Para a aplicação da NR-13, foi necessário estudá-la,

considerando que a portaria SEPRT n.º 915, de 30 de julho de 2019, estava em vigor. Uma vez que já se sabia que todos os equipamentos instalados na empresa eram vasos de pressão, sem a presença de caldeiras, tubulações ou tanques, foi dada uma atenção especial ao item 13.5 da norma, que trata especificamente dos vasos de pressão.

Conhecendo um pouco mais sobre a NR-13 e suas especificações, foi possível ir a campo fazer o levantamento de todos os vasos já instalados, em todas as unidades da empresa. Foram coletas informações técnicas e de condição de instalação, seguindo as premissas da NR-13, que cada vaso de pressão deve seguir, como na tabela 6.

Tabela 6 - Premissas para vasos de pressão

| <b>PREMISSAS PARA VASOS DE PRESSÃO CONFORME NR-13</b> |   |
|---|---|
| FAIXA DE IDENTIFICAÇÃO                                | 13.5.1.5 Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso e seu número ou código de identificação.   |
| LOCAL DE INSTALAÇÃO DO VASO DE PRESSÃO                | 13.5.2 Instalação de vasos de pressão;<br><br>13.5.2.1 Todo vaso de pressão deve ser instalado de modo que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes, sejam facilmente acessíveis.  |
| LOCAL DE INSTALAÇÃO DO VASO DE PRESSÃO                | 13.5.2.2 Quando os vasos de pressão forem instalados em ambientes fechados, a instalação deve satisfazer os seguintes requisitos:<br><br>a) dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas;<br>b) dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção, operação e inspeção, sendo que, para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas;<br>c) dispor de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas;<br>d) dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes;<br>e) possuir sistema de iluminação de emergência.   |
| DISPOSITIVO DE SEGURANÇA                              | 13.5.1.3 Os vasos de pressão devem ser dotados :<br><br>a) válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, considerados os requisitos do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração;<br>b) vasos de pressão submetidos a vácuo devem ser dotados de dispositivos de segurança ou outros meios previstos no projeto; se também submetidos à pressão positiva devem atender à alínea “a” deste subitem;<br>c) sistema de segurança que defina formalmente o(s) meio(s) para evitar o bloqueio inadvertido de dispositivos de segurança DCBI, sendo que, na inexistência de tal sistema formalmente definido, deve ser utilizado no mínimo um dispositivo físico associado à sinalização de advertência. |

|                        |   |
|------------------------|---|
| VÁLVULA DE SEGURANÇA   | <p>13.3.1 Constitui condição de Risco Grave e Iminente - RGI o não cumprimento de qualquer item previsto nesta NR que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho, com lesão grave à integridade física do trabalhador, especialmente:</p> <p>a) operação de equipamentos abrangidos por esta NR sem os dispositivos de segurança previstos conforme alínea “a” do subitem 13.4.1.3, alínea “a” do subitem 13.5.1.3 e subitens 13.6.1.2 e 13.7.1.2;</p> <p>c) bloqueio de dispositivos de segurança de caldeiras, vasos de pressão e tubulações, sem a devida justificativa técnica baseada em códigos, normas ou procedimentos formais de operação do equipamento;</p>   |
| MANÔMETRO              | <p>13.5.1.3 Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens:</p> <p>d) instrumento que indique a pressão de operação, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o contenha.</p> <p>13.5.3.2 Os instrumentos e controles de vasos de pressão devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais.</p>   |
| PLACA DE IDENTIFICAÇÃO | <p>a) fabricante;</p> <p>b) número de identificação;</p> <p>c) ano de fabricação;</p> <p>d) pressão máxima de trabalho admissível;</p> <p>e) pressão de teste hidrostático de fabricação;</p> <p>f) código de projeto e ano de edição.</p> <p>13.5.1.5 Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso, conforme subitem 13.5.1.2, e seu número ou código de identificação</p>  |
| PRONTUÁRIO             | <p>13.5.1.6 Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada:</p> <p>a) Prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante, contendo as seguintes informações: código de projeto e ano de edição; especificação dos materiais; procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final; metodologia para estabelecimento da PMTA; conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil; pressão máxima de operação; registros documentais do teste hidrostático; características funcionais, atualizadas pelo empregador, sempre que alteradas as originais; dados dos dispositivos de segurança, atualizados pelo empregador sempre que alterados os originais; ano de fabricação; categoria do vaso, atualizada pelo empregador sempre que alterada a original;</p> <p>b) Registro de Segurança em conformidade com o subitem 13.5.1.8;</p> <p>c) Projeto de alteração ou reparo em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;</p> <p>d) Relatórios de inspeção em conformidade com o subitem 13.5.4.14;</p> <p>e) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.</p> |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| LIVRO DE REGISTRO        | <p>13.5.1.8 O Registro de Segurança deve ser constituído por livro de páginas numeradas, pastas ou sistema informatizado do estabelecimento com segurança da informação onde serão registradas:</p> <p>a) todas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança dos vasos de pressão;</p> <p>b) as ocorrências de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária, devendo constar a condição operacional do vaso, o nome legível e assinatura de PH no caso de registro em livro físico ou cópias impressas;</p> |
| INSPEÇÃO INICIAL         | <p>13.5.4.2 A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos de pressão novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exames externo e interno.</p> <p>13.5.4.3 Os vasos de pressão devem obrigatoriamente ser submetidos a Teste Hidrostático - TH em sua fase de fabricação, com comprovação por meio de laudo assinado por PH, e ter o valor da pressão de teste afixado em sua placa de identificação.</p>  |
| MANUAL DE OPERAÇÃO       | <p>13.5.3.1 Todo vaso de pressão enquadrado nas categorias I ou II deve possuir manual de operação próprio ou instruções de operação contidas no manual de operação de unidade onde estiver instalado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo:</p> <p>a) procedimentos de partidas e paradas;</p> <p>b) procedimentos e parâmetros operacionais de rotina;</p> <p>c) procedimentos para situações de emergência;</p> <p>d) procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.</p> |
| TREINAMENTO DE SEGURANÇA | <p>Anexo 1 - B1.1 A operação de unidades de processo que possuam vasos de pressão de categorias I ou II deve ser feita por profissional com Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processos.</p>  |

Fonte: Portal Gov (2020).

Cada um dos vasos de pressão é identificado com um número de registro interno, denominado TAG. Para cada um dos vasos, foi realizada a conferência do cumprimento dos itens da tabela 6. No total, foram mapeados 886 vasos de pressão já instalados, abrangendo todos os setores e plantas da empresa.

Devido ao grande número de vasos e itens a serem observados, tornou-se necessário construir uma planilha para realizar a gestão desses ativos utilizando o *Microsoft Excel* com intuito de registrar os dados coletados e concentrar todas as informações em um único local. Essa tabela registraria a situação de cada vaso em relação ao cumprimento ou não das premissas, indicando se o vaso de pressão está conforme as exigências da NR-13 ou não.

A planilha de gestão foi elaborada de forma que cada linha represente um vaso de pressão, e cada coluna contenha as informações correspondentes, conforme mostrado no anexo 2. Iniciou-se a estruturação das colunas com os dados técnicos e de instalação dos equipamentos, seguido pelas premissas que ele deve atender, como a instalação de válvula de segurança e a data da última calibração. Dessa forma, além de registrar a situação atual, seria possível acompanhar os planos e prazos de manutenção preditivas e calibração dos dispositivos de segurança instalados nos equipamentos, fazendo assim uma gestão da manutenção desses ativos.

Com os dados coletados em campo de cada um dos vasos e a planilha de gestão já elaborada, era necessário preencher a planilha com todas as informações. Após o preenchimento, devido a quantidade de informações, foi identificada a dificuldade em analisar as informações ali dispostas, sendo assim foram gerados gráficos para que fosse possível entender melhor o cenário em que os vasos de pressão se encontravam perante o cumprimento das premissas da NR-13.

Foi elaborado um conjunto de gráficos que demonstravam o cenário de cada uma das plantas dos os número gerais, como na figura 14.



Figura 14: Modelo de indicadores NR-13 por planta  
Fonte: Pesquisa direta (2020).

No primeiro gráfico da figura 11, intitulado "NR13 – Situação dos vasos de pressão", é possível visualizar a quantidade de vasos que estão enquadrados na NR-13 na coluna azul, enquanto na coluna amarela é representada a quantidade de vasos que apresentam alguma não conformidade de acordo com as premissas da norma.

Já no gráfico "NR13 – Prioridades de adequação", da figura 11, a coluna amarela indica o número de não conformidades existentes, que também pode ser interpretado como o

número de ações necessárias para a adequação. Essas ações podem incluir desde não conformidades no local de instalação, no prontuário, nos prazos vencidos para exames internos e externos ou qualquer outra não conformidade em relação às premissas da norma.

Na coluna roxa, ainda do gráfico "NR13 – Prioridades de adequação", da figura 11, são apresentadas as ações que vencerão nos próximos 30 dias, enquanto na coluna verde as ações que vencerão nos próximos 60 dias. Essas ações podem envolver a necessidade de inspeções internas ou externas nos vasos, cumprindo os prazos determinados pela norma, ou calibração de instrumentos de segurança.

Por fim, o terceiro gráfico "NR13 – Risco grave e iminente (RGI)", da figura 11, informa a quantidade de número de não conformidade de risco grava iminente presentes dentre os número de não conformidades apresentado na coluna amarela do segundo gráfico. Sendo a coluna azul inspeções internas, a coluna rosa inspeções externas, a coluna laranja válvulas de segurança com a calibração vencida e a coluna vermelha o valor total de não conformidades caracterizadas como RGI.

Esses gráficos foram replicados para cada uma das áreas, permitindo uma visão do cenário em cada uma delas, como ilustrado na figura 15.

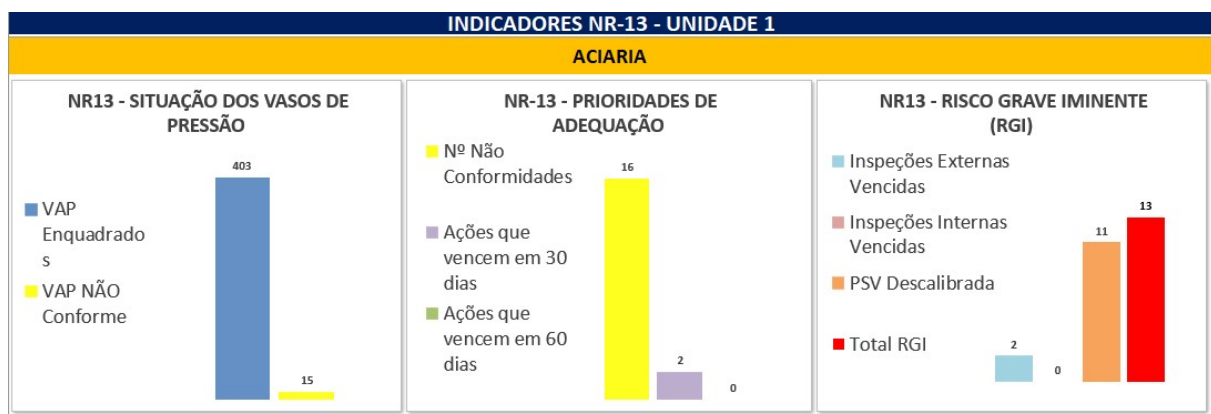


Figura 15: Modelo de indicadores NR-13 por área  
Fonte: Pesquisa direta (2020).

Ao fim da elaboração dos gráficos foi possível visualizar que para os 886 vasos instalados, haviam 299 vasos apresentando não conformidades, somando um total de 509 não conformidades e 32 não conformidade de risco grave e iminente (RGI). Todas essas informações são de um cenário de junho, entretanto se fosse feita uma projeção com todos os vencimentos previstos de manutenção preditiva e calibração de instrumentos de segurança, até



dezembro do mesmo ano, era possível estimar que o número de não conformidades poderia chegar a 799, sendo que dessas 243 seriam de RGI, como mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Não conformidades projetadas

| Não conformidades (NC) - Projetada |           |            |           |           |           |          |            |
|------------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
|                                    | UNID. 1   | UNID. 2    | UNID. 3   | UNID. 4   | UNID. 5   | UNID. 6  | Total      |
| Exame externo                      | 15        | 122        | 0         | 0         | 0         | 0        | 137        |
| Exame interno                      | 3         | 5          | 0         | 0         | 0         | 0        | 8          |
| Calibração de Válvulas             | 29        | 19         | 18        | 17        | 11        | 4        | 98         |
| Calibração de Manômetros           | 13        | 197        | 18        | 22        | 10        | 2        | 262        |
| Aterramento                        | 1         | 21         | 7         | 3         | 3         | 0        | 35         |
| Iluminação                         | 1         | 123        | 11        | 5         | 1         | 0        | 141        |
| Placa                              | 2         | 37         | 3         | 1         | 0         | 0        | 43         |
| Faixa                              | 4         | 42         | 11        | 5         | 0         | 0        | 62         |
| Prontuário                         | 7         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0        | 7          |
| Desenho                            | 6         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0        | 6          |
| <b>Total</b>                       | <b>81</b> | <b>566</b> | <b>68</b> | <b>53</b> | <b>25</b> | <b>6</b> | <b>799</b> |

Fonte: Pesquisa direta (2020).

Observando a tabela 7 é possível visualizar a quantidade de não conformidades possíveis de acordo com cada uma das premissas da norma. Sendo essas: exames externo, exame interno, calibração de válvulas e manômetros não executados dentro do prazo estipulado pela norma, ou com o prazo vencendo nos próximos seis meses. Pendências de instalação de aterramentos, iluminação de emergência, placa e faixa de identificação. E por fim algumas pendências de informações previstas tanto nos prontuários quanto nos desenhos de projeto.

Com base nesses cenários e levando em consideração o número de não conformidades, tornou-se necessário implementar uma gestão de ativos para realizar todas as adequações necessárias visando o cumprimento da NR-13, além de acompanhar as futuras manutenções desses ativos.

Devido ao número de não conformidades elevado, era urgente iniciar as tratativas para adequação a NR-13. Para proporcionar uma abordagem mais efetiva, através da metodologia DMAIC foi analisada a viabilidade da implementação de um projeto interno como estratégia para acompanhar a evolução desses indicadores. O objetivo desse projeto era tratar as 509 não

conformidades já existentes, bem como as 290 previstas para vencer ainda dentro do ano, levando em consideração um prazo de 6 meses para progredir com as adequações.

Para viabilizar as adequações, era necessário o envolvimento de cada uma das áreas, sendo a engenharia de manutenção responsável pelo planejamento das ações e as áreas de instalação do vaso responsável pela execução dessas ações. Para esse fim, um funcionário de cada área, foi designado como facilitador por cada líder de manutenção, para acompanhar o planejamento e a execução das ações de adequação. O plano inicial era realizar pelo menos 30 adequações semanais, considerando 799 ações em 26 semanas, abrangendo todas as plantas e áreas.

Semanalmente, foi realizado um fórum por planta com a participação do facilitador de cada área. Durante esse encontro, eram apresentados os cenários, indicadores e definidas metas semanais, priorizando sempre as adequações das não conformidades consideradas como risco grave iminente. Para as áreas com um elevado número de não conformidades, um acompanhamento individual também foi realizado semanalmente.

Dessa forma, iniciando o projeto efetivamente em julho de 2020, foi possível fornecer a cada facilitador informações sobre o número de não conformidades existentes em sua área e planejar as ações de todas as adequações necessárias e fazer o acompanhamento até janeiro de 2021. No cenário de julho onde se deu início o projeto havia aumentado o número de não conformidades, passando a ser 522 não conformidades já existentes, se estendendo a projeção para janeiro, considerando o prazo estimado de projeto, o número projetado anteriormente para um cenário até dezembro de 799 teria um acréscimo de 32 novas ações, totalizando assim 831 possíveis não conformidades caso esse projeto não fosse implantado e as ações executadas pelas áreas. Com o desenvolvimento de todo o projeto durante foi possível observar a evolução dos indicadores, como a figura 16.

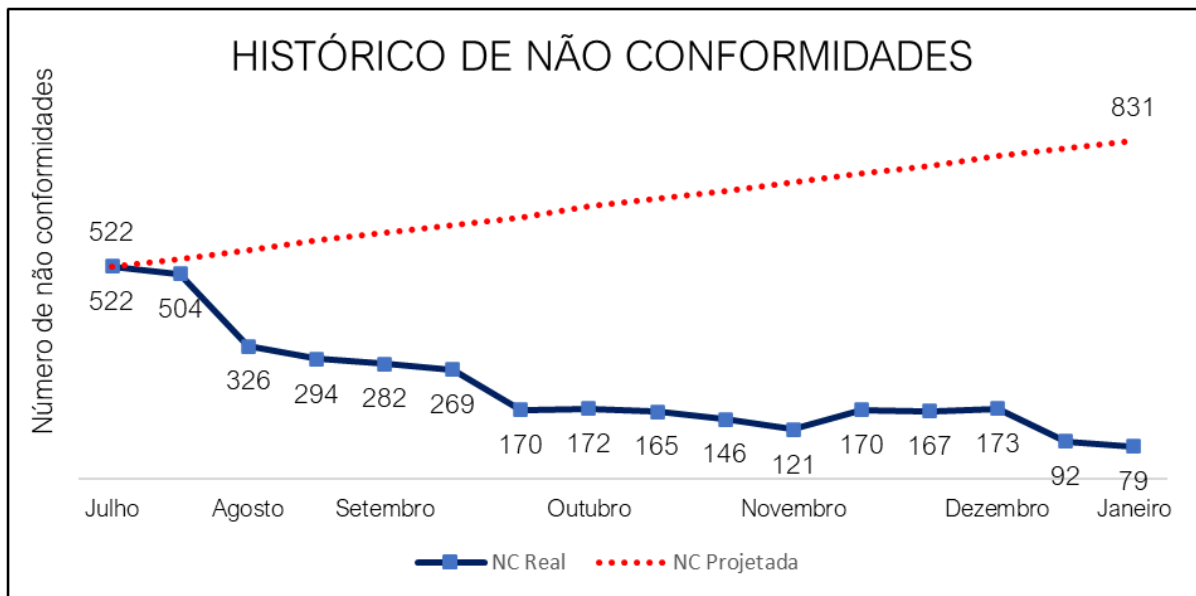


Figura 16: Evolução dos indicadores NR-13.  
Fonte: Pesquisa direta (2020).

É possível observar na figura 16 que, com a implementação da gestão de ativos, permitindo o planejamento de ações e o acompanhamento das manutenções e calibrações, houve um avanço significativo nos indicadores de não conformidades. Ainda que a expectativa inicial fosse de obter nenhuma não conformidade, os resultados foram muito positivos. Fazendo um cálculo básico relacionando o número de não conformidades projetado e o número de não conformidades real no fim do sexto mês, temos que 90,49% das não conformidades foram sanadas.

Após a conclusão desse projeto, os fóruns passaram a ser realizados mensalmente para que o acompanhamento e a gestão dos ativos permanecesse, exceto em casos em que os facilitadores encontravam dificuldades para realizar as adequações planejadas. Para manter um acompanhamento mais próximo por parte da engenharia de manutenção, foi desenvolvido um *checklist* para auditorias internas. Isso facilitaria as visitas de campo para verificar a situação dos ativos e permitir que a planilha de gestão desses ativos estivesse sempre atualizada. O modelo desse documento está representado nas figuras 17a e 17b, e pode ser considerado um documento de uma folha e duas páginas, afim de minimizar a quantidade de folhas utilizadas nas visitas as áreas.

| <b>CHECKLIST – NR-13</b>   |   |  | <b>RESULTADO:</b>                  |       |
|--|---|--|------------------------------------|-------|
| <b>VERIFICAÇÃO - VASO DE PRESSÃO</b>                                       |   |  | <input type="checkbox"/> Aprovado  |       |
|  |   |  | <input type="checkbox"/> Reprovado |       |
| VASO DE PRESSÃO Nº:  |   | DATA DA AUDITORIA: ____/____/____  |                                    |       |
| UNIDADE:   |   | RESPONSÁVEL PELA ÁREA:   |                                    |       |
| ÁREA:  |   | RESPONSÁVEL PELA AUDITORIA:  |                                    |       |
| LOCAL DE INSTALAÇÃO  |   | TIPO: <input type="checkbox"/> Inicial <input type="checkbox"/> Peródica <input type="checkbox"/> Extraordinária |                                    |       |
| DADOS VASO DE PRESSÃO  |   |  |                                    |       |
| TIPO DO VASO DE PRESSÃO:   |   | ANO DE FABRICAÇÃO:   |                                    |       |
| CATEGORIA:   |   | FLUIDO:  |                                    |       |
| GRUPO DE RISCO:  |   | FABRICANTE:  |                                    |       |
| ITENS PARA CONFERÊNCIA/ELABORAÇÃO DA PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO |   |  |                                    |       |
| DADOS  | PMTA  | PTH  | CÓDIGO DE PROJETO / ANO EDIÇÃO     |       |
| Memorial de cálculo  |   |  |                                    |       |
| Placa de identificação   |   |  |                                    |       |
| VERIFICAÇÃO EM CAMPO   |   |  |                                    |       |
| ITEM   | REQUISITO   | STATUS   | OBSERVALÇÕES                       | PRAZO |
| 13.3.1 – a   | A válvula de segurança está com a calibração em dia e com pressão de abertura ajustada em valor inferior ou igual à PMTA?   |  |                                    |       |
| 13.3.1 – b   | Dispõe de dispositivo de segurança contra bloqueio inadvertido da válvula quando esta não estiver instalada diretamente no vaso?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.3 – c   | Dispõe de instrumento que indique a pressão de operação (manômetro)?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.4   | A placa de identificação deverá ter no mínimo as seguintes informações: fabricante, número de identificação, ano de fabricação, valor de PMTA, pressão de TH, código projeto e ano de edição. |  |                                    |       |
| 13.5.1.4.2   | O Vaso possui exame interno e externos iniciais comprovados?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.4.3   | O Vaso possui teste hidrostático inicial comprovado?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.5   | Dispõe de identificação em local visível da categoria do vaso e do TAG?   |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – a   | O prontuário possui as características técnicas do equipamento?   |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – a   | O prontuário possui Memorial de Cálculo?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – a   | O prontuário possui conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – a   | O prontuário possui plano de inspeção?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – d   | O prontuário possui histórico das inspeções realizadas?   |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – f   | O estabelecimento possui certificado de calibração do manômetro?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.6 – f   | O estabelecimento possui certificado de calibração da PSV?  |  |                                    |       |
| 13.5.1.8   | O Livro de Registro de Segurança está sendo atualizado?   |  |                                    |       |
| 13.5.2   | Está instalado de acordo com o projeto  |  |                                    |       |
| 13.5.2   | Está operando nas condições previstas no projeto?   |  |                                    |       |
| 13.5.2.1   | Este vaso de pressão possui válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança?   |  |                                    |       |

DOCUMENTO DE CAMPO Nº:

Página 1/2

Figura 17a: Checklist, auditoria interna NR-13 (folha 1).

Fonte: Pesquisa direta (2023).

|   |   |  |                                    |  |
|---|---|--|------------------------------------|--|
| 13.5.2.2 – a                              | Dispõe de duas (02) saídas amplas e permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas?  |  |                                    |  |
| 13.5.2.2 – b                              | Dispõe de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção, operação e inspeção (escadas e plataformas)?  |  |                                    |  |
| 13.5.2.2 – c                              | Dispõe de ventilação permanente, com entradas de ar que não possam ser bloqueadas?  |  |                                    |  |
| 13.5.2.2 – d                              | Dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes?   |  |                                    |  |
| 13.5.2.2 – e                              | Dispõe de sistema de iluminação de emergência?  |  |                                    |  |
| 13.5.3.1                                  | Possui manual de operação próprio ou de instruções de operação contidas no manual de operação da unidade? (Somente para vaso de categoria I e II)                                       |  |                                    |  |
| 13.5.3.2                                  | O manômetro está com o prazo de calibração em dia?  |  |                                    |  |
| 13.5.4.2                                  | Foi feito a inspeção inicial composta pelo exame externo, interno e TH e tem documentação comprobatória e aprovada pelo PH?   |  |                                    |  |
| Anexo 1<br>B1. 1                          | A operação possui treinamento de segurança na operação de unidades de processo? (Somente para vaso categoria I e II)  |  |                                    |  |
| <b>ADEQUAÇÕES E PRÓXIMAS VERIFICAÇÕES</b> |   |  |                                    |  |
| <b>RECOMENDAÇÕES GERAIS</b>               |   |  |                                    |  |
| Nº  | DESCRIÇÃO   |  |                                    |  |
| 1   | DEVERÁ PASSAR POR OUTRA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA PERIODICA ATÉ ____/____/____ OU POR INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EXTRAORDINÁRIA CASO ACONTEÇA ALGUMA OCORRENCIA CAPAZ DE PREJUDICAR SUA OPERAÇÃO |  |                                    |  |
| 2   | PRAZO REGULARIZAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES DEPENDENTE DAS ÁREA ____/____/____.   |  |                                    |  |
| 3   | PRAZO REGULARIZAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES DEPENDENTE DO ISQ ____/____/____.   |  |                                    |  |
| 4   |   |  |                                    |  |
| 5   |   |  |                                    |  |
| 6   |   |  |                                    |  |
| <b>OBSERVAÇÕES/ANOTAÇÕES</b>              |   |  |                                    |  |
|   |   |  |                                    |  |
| <hr/> Responsável pela auditoria<br>PN:   |   |  | <hr/> Responsável pela área<br>PN: |  |

Figura 17b: Checklist, auditoria interna NR-13 (folha 2).  
 Fonte: Pesquisa direta (2023).

Esse *checklist* da figura 17a e 17b segue as premissas da NR-13, baseado nos itens da norma os quais os equipamentos precisam estar adequados. O objetivo é que mesmo após os seis meses do projeto interno onde foram feitas varias adequações, o processo permaneça contínuo para proporcionar melhor efetividade da gestão desses ativos, permitindo o acompanhamento individual dos equipamentos.

As auditorias internas, onde o *checklis* da figura 17 será utilizado, se fazem necessárias pois é uma forma de manter a planilha, do anexo 2, sempre atualizada. Algumas premissas da norma exigem inspeções visuais para averiguação das condições, principalmete com relação as condições de instalação e itens como as placas efaixas de identificação, uma vez que itens podem apresentar danos com o tempo, e caso isso aconteça precisam ser substituídos.

Com o intuito de orientar no preenchimento do *checklist*, foi criada uma folha de consulta para tornar a auditoria compreensível, podendo se tornar uma atividade acessível mesmo para aquelas pessoas com pouco conhecimento da norma. Essa folha que pode ser utilizada para consulta é ilustrada na imagem 18.



| <b>FOLHA DE CONSULTA PARA CHECK LIST - NR-13<br/>VERIFICAÇÃO - VASO DE PRESSÃO</b>  |   |
|---|---|
| <b>ITENS DA NORMA</b>   |   |
| <b>FAIXA DE IDENTIFICAÇÃO</b>   | <b>PLACA DE IDENTIFICAÇÃO</b>   |
| 13.5.1.5 Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso, conforme subitem 13.5.1.2, e seu número ou código de identificação.   | a) fabricante;<br>b) número de identificação;<br>c) ano de fabricação;<br>d) pressão máxima de trabalho admissível;<br>e) pressão de teste hidrostático de fabricação;<br>f) código de projeto e ano de edição.   |
| <b>LOCAL DE INSTALAÇÃO DO VASO DE PRESSÃO</b>   | <b>PRONTUÁRIO</b>   |
| 13.5.2 Instalação de vasos de pressão.<br><br>13.5.2.1 Todo vaso de pressão deve ser instalado de modo que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes, sejam facilmente acessíveis.<br>13.5.2.2 Quando os vasos de pressão forem instalados em ambientes fechados, a instalação deve satisfazer os seguintes requisitos:<br>a) dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas;<br>b) dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção, operação e inspeção, sendo que, para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas;<br>c) dispor de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas;<br>d) dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes;<br>e) possuir sistema de iluminação de emergência. | 13.5.1.5 Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso, conforme subitem 13.5.1.2, e seu número ou código de identificação.<br><br>13.5.1.6 Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada:<br><br>a) Prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante, contendo as seguintes informações: código de projeto e ano de edição; especificação dos materiais; procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final; metodologia para estabelecimento da PMTA; conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil; pressão máxima de operação; registros documentais do teste hidrostático; características funcionais, atualizadas pelo empregador, sempre que alteradas as originais; dados dos dispositivos de segurança, atualizados pelo empregador sempre que alterados os originais; ano de fabricação; categoria do vaso, atualizada pelo empregador sempre que alterada a original;<br>b) Registro de Segurança em conformidade com o subitem 13.5.1.8;<br>c) Projeto de alteração ou reparo em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;<br>d) Relatórios de inspeção em conformidade com o subitem 13.5.4.14;<br>e) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável. |
| <b>DISPOSITIVO DE SEGURANÇA</b>   | <b>LIVRO DE REGISTRO</b>  |
| 13.5.1.3 Os vasos de pressão devem ser dotados :<br>a) válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, considerados os requisitos do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração;<br>b) vasos de pressão submetidos a vácuo devem ser dotados de dispositivos de segurança ou outros meios previstos no projeto; se também submetidos à pressão positiva devem atender à alínea "a" deste subitem;<br>c) sistema de segurança que defina formalmente o(s) meio(s) para evitar o bloqueio inadvertido de dispositivos de segurança DCBI, sendo que, na inexistência de tal sistema formalmente definido, deve ser utilizado no mínimo um dispositivo físico associado à   | 13.5.1.8 O Registro de Segurança deve ser constituído por livro de páginas numeradas, pastas ou sistema informatizado do estabelecimento com segurança da informação onde serão registradas:<br><br>a) todas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança dos vasos de pressão;<br>b) as ocorrências de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária, devendo constar a condição operacional do vaso, o nome legível e assinatura de PH no caso de registro em livro físico ou cópias impressas;  |
| <b>VÁLVULA DE SEGURANÇA</b>   | <b>INSPEÇÃO INICIAL</b>   |
| 13.3.1 Constitui condição de Risco Grave e Iminente - RGI o não cumprimento de qualquer item previsto nesta NR que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho, com lesão grave à integridade física do trabalhador, especialmente:<br>a) operação de equipamentos abrangidos por esta NR sem os dispositivos de segurança previstos conforme alínea "a" do subitem 13.4.1.3, alínea "a" do subitem 13.5.1.3 e subitens 13.6.1.2 e 13.7.1.2;<br>c) bloqueio de dispositivos de segurança de caldeiras, vasos de pressão e tubulações, sem a devida justificativa técnica baseada em códigos, normas ou procedimentos formais de operação do equipamento;  | 13.5.4.2 A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos de pressão novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exames externo e interno.<br><br>13.5.4.3 Os vasos de pressão devem obrigatoriamente ser submetidos a Teste Hidrostático - TH em sua fase de fabricação, com comprovação por meio de laudo assinado por PH, e ter o valor da pressão de teste afixado em sua placa de identificação.   |
| <b>MANÔMETRO</b>  |   |
| 13.5.1.3 Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens:<br>d) instrumento que indique a pressão de operação, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o contenha.<br><br>13.5.3.2 Os instrumentos e controles de vasos de pressão devem ser mantidos calibrados e  |   |
| <b>TREINAMENTO DE SEGURANÇA</b>   |   |
| Anexo 1 - B1.1 A operação de unidades de processo que possuam vasos de pressão de <u>categorias I ou II</u> deve ser feita por profissional com Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processos.  |   |
| <b>MANUAL DE OPERAÇÃO</b>   |   |
| 13.5.3.1 Todo vaso de pressão enquadrado nas <u>categorias I ou II</u> deve possuir manual de operação próprio ou instruções de operação contidas no manual de operação de unidade onde estiver instalado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo:<br><br>a) procedimentos de partidas e paradas;<br>b) procedimentos e parâmetros operacionais de rotina;<br>c) procedimentos para situações de emergência;<br>d) procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.   |   |

Figura 18: Folha de consulta para preenchimento do checklist.  
Fonte: Pesquisa direta (2023).

A figura 18 foi elaborada com o intuito de contextualizar os itens da NR-13, facilitando o entendimento de qual parte do equipamento cada um desses itens se refere. Essa representação visual se mostra especialmente útil durante visitas à área e auditorias internas, para esses acesso as áreas é sugerido levar uma cópia impressa em uma folha A4 com margens reduzidas, proporcionando uma compreensão mais clara e precisa sobre o conteúdo de cada item da norma.

Ao fazer uma auditoria interna e realizar uma visita às instalações, ter acesso a essa figura auxiliar permite uma identificação mais rápida e precisa dos aspectos a serem verificados e avaliados em relação ao cumprimento da NR-13. Com a figura 18 como guia, torna-se mais fácil compreender e direcionar a análise para as áreas específicas do equipamento, conforme estabelecido pela norma.

Dessa forma, a figura 18 atua como uma ferramenta de apoio, que contribui para o entendimento mais aprofundado dos requisitos da NR-13, facilitando a identificação de possíveis não conformidades e ajudando a identificar conformidades ou não conformidades com as diretrizes estabelecidas pela norma para atualização constante da planilha para a continuidade da aplicação da gestão dos ativos.

A implementação de uma eficiente gestão de ativos foi de muito importante para proporcionar a adequação dos equipamentos à NR-13. Ao centralizar as informações, padronizar os processos e estabelecer uma rotina de acompanhamento, é possível identificar as não conformidades existentes, planejar ações corretivas e monitorar a evolução dos indicadores.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível reduzir significativamente o número de não conformidades, promovendo a segurança e a conformidade com a norma. Através dos fóruns periódicos, auditorias internas e check-lists adequados, foi possível implementar uma gestão dos ativos, possibilitada a partir da identificação de falhas e a implementação de ações preditivas, preventivas e corretivas, ao cumprir as exigências da NR-13, ao proporcionar um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com as regulamentações.

Assim, é importante ressaltar que a gestão de ativos é um processo contínuo, e a manutenção desse controle e monitoramento é essencial para que os equipamentos permaneçam em conformidade ao longo do tempo. Além disso, a atualização constante da



documentação, a capacitação dos colaboradores e a adoção de boas práticas de segurança são fundamentais para manter a conformidade e preservar a integridade dos ativos.

Portanto mesmo com o fim do sexto mês e do projeto interno, a gestão desses ativos já implementada vai viabilizar a tratativa das 79 não conformidade ainda existentes, trabalhando em paralelo para que não hajam novas não conformidades.

Em suma, a implementação de uma eficiente gestão de ativos, aliada ao cumprimento rigoroso das exigências da NR-13, é fundamental para a segurança, a eficiência e a conformidade das instalações industriais, ao contribuir para um ambiente de trabalho saudável.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

A gestão eficaz dos ativos é essencial para o desempenho e a segurança dos colaboradores em uma empresa. Nesse sentido, a manutenção desempenha um papel fundamental ao permitir o bom funcionamento dos equipamentos, tanto por meio da prevenção quanto da correção de falhas. A definição de manutenção conforme a NBR 5462 (1994) enfatiza a importância de manter os equipamentos operacionais e em pleno funcionamento para atender às suas funções específicas.

A gestão de ativos atrelada a NR-13, favorece o cumprimento das premissas estabelecidas pela norma, de forma a diminuir a quantidade de não conformidades e melhorar as condições de acompanhamento das demandas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, relacionadas aos vasos de pressão.

Diante desse contexto, o presente estudo buscou responder à seguinte problemática: Como analisar a aplicação da NR-13 na gestão de ativos de um conjunto de vasos de pressão em uma empresa do setor siderúrgico? Para responder a essa pergunta, foram estudados os requisitos da NR-13, bem como foram aplicadas metodologias de gestão de ativos visando garantir o cumprimento das normas e a segurança dos colaboradores.

Através do desenvolvimento de um processo de gestão de ativo, baseado na análise e aplicação dos requisitos da NR-13, foi possível aplicar a NR-13 no sentido de acompanhar a implementação de métodos e ferramentas de acompanhamento e monitoramento dos equipamentos permitindo identificação e correção das não conformidades existentes. Com isso o número a princípio estimado em 831 não conformidades, em um prazo de 6 meses foi reduzido a 79, demonstrando uma redução considerável do número de não conformidades com a norma associados aos equipamentos da empresa. Sendo assim foi possível criar um modelo de *checklist* para continuidade da aplicação da gestão desses ativos, mantendo ativo o acompanhamento e monitoramento desses equipamentos.

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a aplicação da gestão de ativos, é um fator importante para cumprimento dos requisitos da NR-13, sendo fundamental para proporcionar a integridade estrutural dos vasos de pressão e segurança dos colaboradores em uma empresa do setor siderúrgico. A implementação de uma abordagem sistemática de gestão de ativos, combinada com a expertise da engenharia de manutenção, possibilitou o

monitoramento eficiente dos equipamentos, a identificação de não conformidades e a realização das adequações necessárias.

Em suma, a gestão de ativos se revelou como uma estratégia eficaz para a garantia do bom funcionamento e segurança dos vasos de pressão da empresa estudada, e a análise da aplicação da NR-13 nesse contexto proporcionou *insights* importantes sobre as melhores práticas.

## **5.2 Recomendações**

A partir do estudo realizado são recomendados os seguintes trabalhos futuros:

- Análise de custo da aplicação da NR-13 na gestão de ativos para um conjunto de vasos de pressão;
- Desafios e soluções na aplicação da NR-13 na gestão de ativos de vasos de pressão: um estudo em uma empresa do setor siderúrgico;
- A importância da gestão de manutenção na conformidade com a NR-13: estudo de caso em uma empresa siderúrgica.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR ISO 55000**: Gestão de ativos – Visão geral, princípios e terminologia, 2014
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR ISO 55001**: Gestão de ativos – Sistema de gestão, 2014
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR ISO 55002**: Gestão de ativos – Sistema de gestão – Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001, 2014
- ANDREUCCI, R. **Aplicação Industrial**: Ensaio por Ultra-som. Abende, 2008.
- ANDREUCCI, R. **Líquidos Penetrantes**. Abende, 2010.
- ANDREUCCI, R. **Partículas Magnéticas**. Abende, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- DILDA, Valerio; MORI, Lapo; NOTERDAEME, Olivier e SCHMITZ, Christoph. **Analytics unleashes productivity and profitability**. McLinsen & Company, Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-analytics-unleashes-productivity-and-profitability>> Acesso em: 20 julho 2020.
- SGS GROUP. Disponível em: <<https://www.sgsgroup.com.br/-/media/local/brazil/documents/white-papers/industrial/sgs-ind-non-destructive-testing-pt-brazil.pdf>>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
- FECHA, J. F. F. **Aplicação da PAS 55**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- FERNANDES, A. R. **Manutenção Produtiva Total**: uma ferramenta eficaz na busca da perda-zero. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Itajubá, 2005.
- GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime A.; SANTOS, Carlos A. **Ensaio dos Materiais**: Livros Técnicos e Científicos, Editora Ltda, 2017
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**, São Paulo. Atlas, 2002.
- GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à Pesquisa**: projetos e relatórios. São Paulo. Loyola, 2018.

ISO, “**PAS 55: 2008**”, Disponível em :< [www.iso55000.info](http://www.iso55000.info) -> Acesso em: 20 de novembro de 2022.

J. I. P. M – Japanese Institute of Plant Maintenance. **TPM frequently asked questions**. 2002. Disponível em: <[https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620\\_2.pdf](https://www.jipm.or.jp/en/activity/maintenance/pdf/110620_2.pdf)>. Acesso em 17 novembro 2022

KARDEC, A. et al. **Gestão de ativos**, Qualitymark, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LEITE, B. S; “**Avaliação de estanqueidade em vasos de pressão de pequeno porte**”, Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, 2014

MARQUEZ, A.C.; LEON, P.M.; FERNANDEZ, J.F.G.; MARQUEZ, C.P.; CAMPOS, M.L. **The maintenance management framework: A practical view to maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2009

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo, Atlas, 2007.

MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004

MORO, Norberto. **Introdução à gestão da manutenção**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – Florianópolis, 2007

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**, Editora Edgard Blücher Ltda – 2019

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**, Editora Edgard Blücher Ltda – 2018

NETTO, W. A. C. **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008

NUNES, E. N.; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica.** Disponível em: < <http://docplayer.com.br/7805434-Gestao-da-manutencao-e-do-conhecimento-comoestrategia-na-instalacao-de-unidades-geradoras-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em 10 novembro 2022.

OUERTANI, M. Z.; PARLINKAD, A. K.; MCFARLANE, D. **Asset information management: Research challenges.** Institute of Electricity and Electrical Engineering Computer Society. Marrakech, Morocco. 2008

PORTAL DO GOV - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-13. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-13-nr-13>> Acesso em: 10 de junho de 2020.

ROCHA, M. A. F. et al. **Otimização das tarefas de manutenção.** 15º Congresso Brasileiro de Manutenção. 2005.

SANTOS, J.F. Oliveira. **Ensaio Não Destrutivos.** Portugal, Lisboa, 1999.

SLACK, N. **Administração da Produção.** São Paulo, Editora Compacta, 2009

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP):** Uma abordagem Analítica. Dissertação de Mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2008

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. TPM/MTP - **Manutenção produtiva total.** São Paulo: IMAM, 1993.

TELLES, Pedro .C. S. **Vaso de Pressão.** Rio de Janeiro: LTC, 1996.

UBQ – União Brasileira para a Qualidade. **Gestão de Produção x Qualidade.** Disponível em: < <http://ubq.org.br/publicacoes/gestao-de-producao-x-qualidade/>>. Acesso em 10 novembro 2022.

VIANA, H. R. G. PCM: **Planejamento e controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

## ANEXO 1 – DMAIC

| GUIA PARA PREENCHIMENTO A3 - BÁSICO   |  |   |  | APROVAÇÃO SUPERINTENDENTE:  |  |
|---|--|---|--|---|--|
| GRUPO OU TEMA DE TRABALHO:<br>Especificar nome do grupo e/ou tema trabalhado  |  | GERÊNCIA:<br>Especificar gerência<br><br>SUPERINTENDÊNCIA: Especificar superintendência   | MEMBROS:<br>Listar membros do grupo destacando o Líder | DATA INÍCIO:<br>Data oficial do início do projeto.  | INICIATIVA (se aplicável):                     |
|   |  |   |  | DATA FIM:<br>Considerar o tempo necessário para a conclusão e sustentação dos resultados do projeto | REVISÃO:                                       |
|   |  |   |  |   | APROVAÇÃO GERENTE:<br><br>APROVAÇÃO CONTROLER: |
| D 1 CONTEXTO (DESCRIÇÃO DO PROBLEMA)  |  | I 5 PLANO DE AÇÃO   |  |   |  |
| → Identificar o problema e deixar claro o escopo do projeto:<br>- Qual é o problema? Por que é tão importante?<br>- Considere também o ponto de vista (necessidade e desejo) do cliente (demanda/volume, preço, prazos, etc). O que é valor para o cliente?   |  | → Elaborar e executar plano de ação para a eliminação da(s) causa(s) raiz(es):<br>- Ações tem que estar alinhadas com causa raiz e objetivos. Se possível, apresentar mais de uma alternativa.<br>- Estimar o impacto das soluções. (Ex.: Estimar economias, impacto no VZ, produtividade, etc.)<br>- Estimar o capital necessário ou o custo de operação previsto.<br>- Desdobrar ações complexas em etapas ou ações simples para facilitar o acompanhamento.<br>- Atribuir nomes a cada tarefa individual (responsável) e prazos. |  | DATA FIM:      STATUS:  |  |
| → Coleta e medição de dados:<br>- Onde, quando e em qual extensão o problema ocorre? Existem indicadores definidos?<br>- Onde estamos hoje? Quais são os desvios entre a situação atual e a situação ideal?   |  | DATA FIM:      STATUS:  |  | Assinatura e aprovações do Controller (entregável L2) e do Superintendente/ Gerente (entregável L3) |  |
| → Definir os resultados esperados e onde se almeja chegar com a solução do problema:<br>- Estabelecer a meta para sair da situação atual e atingir a situação ideal. A meta deve ser SMART (Específica, Mensurável, Atingível, Relevante e Temporal)<br>- Qual é o padrão a ser atingido? Defina claramente o que será feito e o que não será feito durante o projeto.<br>- Quais são os ganhos esperados?  |  | DATA FIM:      STATUS:  |  |   |  |
| → Encontrar e analisar as causas dos principais problemas identificados na etapa anterior. Qual(is) a(s) causa(s) raiz(es) do(s) problema(s)?<br>- Ir à área de produção para apurar a realidade. Ir ao Genba. Documentar com fotos e vídeos sempre que possível<br>- Selecionar a(s) ferramenta(s) de análise de problema mais adequada(s) e mostrar claramente a relação de causa e efeito (Ex. de Ferramentas: 5 Por Quê?, Diagrama Ishikawa, Filtro de Padrão, Fluxograma, Mapa de Fluxo de Valor, Pareto, Histograma, Diagrama de Dispersão, ...). Também pode ser interessante fazer um combinado de ferramentas (Ex.: Fluxograma + Pareto + 5PQs?).<br>- Priorizar causas através de ferramentas de priorização. Ex: Matriz de Impacto X Dificuldade, GUT, SETFI, RPI, NPR, etc... |  | DATA FIM:      STATUS:  |  | DATA FIM:      STATUS:  |  |
| → Verificar a eficácia do plano de ação:<br>- Monitorar KPI's definidos e verificar resultados vs. metas<br>- Monitorar eficácia das ações implementadas, assim como a execução das ações pendentes ou a necessidade de implementar novas ações;<br>- Caso o controle identificar que não há uma evolução para o atingimento das metas, o grupo deverá voltar na etapa de analisar e rever as causas encontradas<br>- Destacar local, frequência e horário das reuniões do grupo.   |  | DATA FIM:      STATUS:  |  | DATA FIM:      STATUS:  |  |
| → Padronizar o processo para garantir a não reincidência do(s) problema(s). Como garantir que os resultados sejam sustentáveis?<br>- Padronizar as principais ações e garantir que os padrões criados/revisados sejam SIMPLES, CLAROS e EVIDENTES<br>- Evidenciar os padrões por meio de treinamentos<br>- Garantir que os padrões estão conforme normas do SIG   |  | DATA FIM:      STATUS:  |  | DATA FIM:      STATUS:  |  |

Ferramentas da Qualidade

Árvore de análise dos Por quês

Pareto

Sugestão: Ver aba do Plano de Ação

STATUS: Classificar o estado atual de cada fase em:  
 😊 ou OK: Concluído ou dentro do prazo estabelecido  
 😬 ou Em andamento: Parcialmente concluído, com risco de atraso.  
 🚫 ou N-OK: Fase não concluída ou em atraso em relação ao prazo estabelecido.

- Número da iniciativa no WAVE  
 - Número da versão/revisão no documento A3  
 - Exemplo de CÓDIGO: 2017ID01 (Ano, Superintendência, Nº sequencial GMC/GMCI na área)

| Ferramentas da Qualidade |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| BRAINSTORMING            |                         |
| Descrição do problema    |                         |
|                          |                         |
| Item                     | Levantamento das causas |
| 1                        |                         |
| 2                        |                         |
| 3                        |                         |
| 4                        |                         |
| 5                        |                         |
| 6                        |                         |
| 7                        |                         |
| 8                        |                         |
| 9                        |                         |
| 10                       |                         |

**BRAINSTORMING: INFORMAÇÕES**

O Brainstorming é utilizado para auxiliar um grupo a buscar a maior quantidade de informações possíveis sobre a não conformidade / reclamação, como por exemplo.

**Quando utilizar:** quando o grupo ainda não sabe ao certo qual é a causa raiz do problema e existem muitas possibilidades de ter originado o problema.

**Como utilizar:**

**Descrição do problema:** descrever a não conformidade a ser analisada;

**Levantamento das causas:** inserir as possíveis causas levantadas.

| ANÁLISE DOS 5 POR QUÊs |                   |             |             |             |             |             |
|------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Item                   | Descrição do item | 1º Por que? | 2º Por que? | 3º Por que? | 4º Por que? | 5º Por que? |
| 1                      |                   |             |             |             |             |             |
| 2                      |                   |             |             |             |             |             |
| 3                      |                   |             |             |             |             |             |
| 4                      |                   |             |             |             |             |             |
| 5                      |                   |             |             |             |             |             |

**ANÁLISE DOS 5 POR QUÊs: INFORMAÇÕES**

O método dos 5 Por que's é um método muito simples utilizado para encontrar as causas de um problema. Diante de um problema, perguntamos por que ele ocorreu cinco vezes. Dessa forma, conseguimos passar do sintoma à raiz do problema.

**Quando utilizar:** esta ferramenta deve-se ser utilizada para estratificar as possíveis causas de um problema e encontrar suas causas raízes.

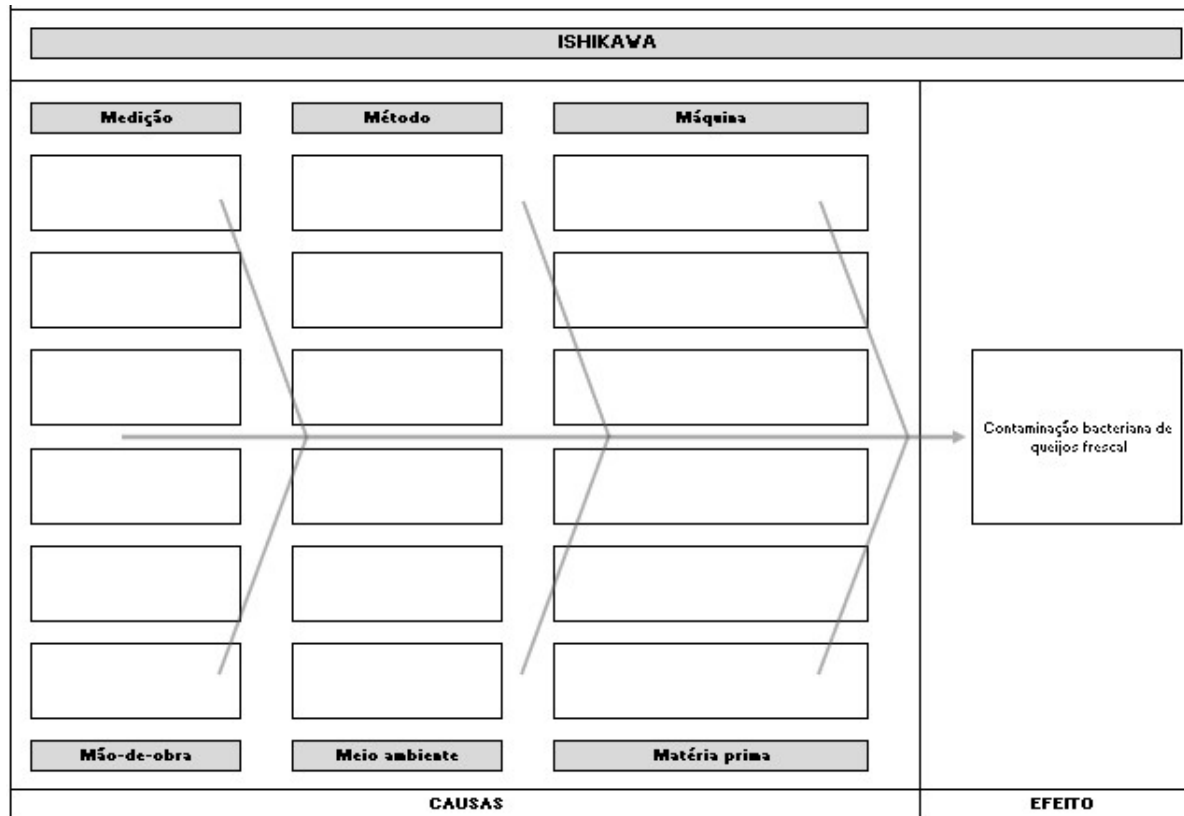
É uma ferramenta simples, mas de vital importância para a eficácia do plano de ação, uma vez que, as ações corretivas/preventivas devem ser tomadas para eliminar as causas raízes dos problemas.

**Como utilizar:**

**Descrição do problema:** descrever a não conformidade a ser analisada

**Levantamento das causas:** descrever em cada item possíveis causas levantadas (pode-se utilizar as levantadas no BRAINSTORMING ou ISHIKAWA) até o último por que (causa raiz).





### ISHIKAWA: INFORMAÇÕES

O Ishikawa (também conhecido como 6M) é utilizado para demonstrar a relação entre o efeito e todas as possíveis causas que podem contribuir para que ele ocorra.

**Quando utilizar:** quando se quer conhecer o meio da fonte causadora (6Ms) que influenciou do problema, possibilitando propor um plano de ação mais específico.

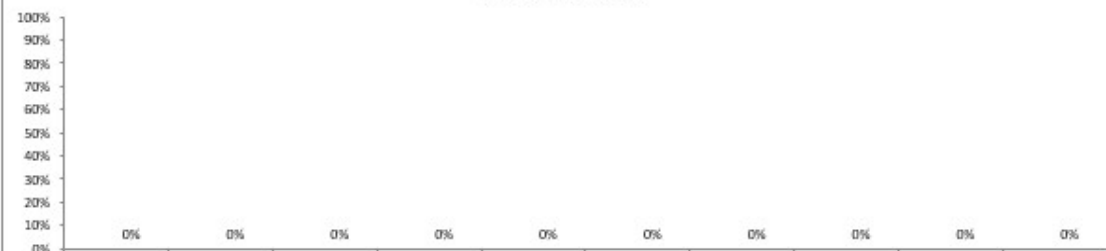
**Como utilizar:** Distribuir o levantamento das possíveis causas (pode-se utilizar as levantadas no BRAINSTORMING) nos respectivos "Me", conforme informações abaixo:

- Medição** Decorrente de problemas relacionados à mensurações (medições). Ex.: instrumentos, calibres, padrões, etc...
- Método** Decorrente de problemas relacionados à metodologia de execução da atividade. Ex.: procedimentos, rotinas, normas, instruções, processo, etc...
- Máquina** Decorrente de problemas relacionados às máquinas e equipamentos. Ex.: componentes, ferramentas, dispositivos, equipamentos, etc...
- Mão-de-obra** Resultante de ações e habilidades das pessoas. Ex.: comportamento, atitudes, perfil, qualificação, motivação, etc...
- Meio Ambiente** Influência de instalação e condições climáticas. Ex.: iluminação, calor, sol, chuva, ruído, etc...
- Material** Resultante de problemas relacionados a materiais, matéria-prima. Ex.: produtos, material de consumo, insumos, etc...

## GUT- PRIORIZAÇÃO DE PROBLEMAS

| Item | G | U | T | Total |
|------|---|---|---|-------|
| 1    |   |   |   |       |
| 2    |   |   |   |       |
| 3    |   |   |   |       |
| 4    |   |   |   |       |
| 5    |   |   |   |       |
| 6    |   |   |   |       |
| 7    |   |   |   |       |
| 8    |   |   |   |       |
| 9    |   |   |   |       |
| 10   |   |   |   |       |

Grau de prioridade



## GUT: INFORMAÇÕES

Ferramenta utilizada para analisar problemas existentes e priorizar sua resolução de acordo com sua Gravidade, Urgência e Tendência.

**Quando utilizar:** o GUT deve ser utilizado quando existem várias possibilidades de causas, ou várias causas de um problema e necessita-se identificar as mais críticas para priorizar o plano de ação.

**Como utilizar:**

Distribuir o levantamento das possíveis causas (pode-se utilizar as levantadas no BRAINSTORMING ou ISHIKAWA) e pontuar cada item do GUT de um (1) a cinco (5) de acordo com o impacto da causa avaliada, conforme abaixo:

**G Gravidade:** Impacto do problema sobre operações e pessoas da empresa

- 5:** Os prejuízos ou dificuldades são muito graves
- 4:** Os prejuízos ou dificuldades são graves
- 3:** Os prejuízos ou dificuldades são moderados
- 2:** Os prejuízos ou dificuldades são poucos graves
- 1:** Sem gravidade

**U Urgência:** Tempo necessário para resolver o problema.

- 5:** É necessária tomar ação imediatamente
- 4:** É necessária uma ação com alguma urgência
- 3:** É necessária uma ação o mais breve possível
- 2:** Pode esperar um pouco pela ação
- 1:** Ação pode esperar

**T Tendência:** Evolução dos efeitos ao longo do tempo

- 5:** Se nada for feito, haverá agravamento imediato
- 4:** Se nada for feito, haverá agravamento a curto prazo
- 3:** Se nada for feito, haverá agravamento a médio prazo
- 2:** Se nada for feito, haverá agravamento a longo prazo
- 1:** Não haverá agravamento podendo até melhorar

| SETFI - PRIORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS |  |   |   |   |   |   |       |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|---|-------|
| Item                              |  | S | E | T | F | I | Total |
| 1                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 2                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 3                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 4                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 5                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 6                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 7                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 8                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 9                                 |  |   |   |   |   |   |       |
| 10                                |  |   |   |   |   |   |       |

**Grau de prioridade**

The chart displays 10 data points on the x-axis, each corresponding to an item number. The y-axis represents the percentage of priority, ranging from 0% to 100% in 10% increments. All 10 bars are at the 0% level, indicating that no items have been prioritized.

**SETFI: INFORMAÇÕES**

Ferramenta utilizada para analisar problemas existentes e priorizar sua resolução, de acordo com uma pontuação definida relacionada aos fatores de segurança, emergência, tendência, facilidade e investimento.

**Quando utilizar:** o SETFI deve ser utilizado quando existem várias possibilidades de causas, ou várias causas de um problema, principalmente relacionado à Saúde e Segurança do Trabalho, e necessita-se identificar as mais críticas para priorizar o plano de ação.

**Como utilizar:**

Distribuir o levantamento das possíveis causas (pode-se utilizar as levantadas no BRAINSTORMING ou ISHIKAWA) e pontuar cada item do SETFI de um (1) a cinco (5) de acordo com o impacto da causa avaliada, conforme abaixo:

- S** **Segurança:** Avalia a perigo que envolve o problema. Quanto maior o risco maior a nota.
- E** **Emergência:** Quanto maior a urgência, maior a nota.
- T** **Tendência:** Quanto maior a tendência do problema piorar, maior a nota.
- F** **Facilidade:** Quanto mais fácil a resolução, maior a nota.
- I** **Investimento:** Quanto mais baixa o investimento, maior a nota.



