

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

AMANDA FORTES PEREIRA

**PROPOSTA PARA APERFEIÇOAMENTO EM SEGURANÇA NO USO DO
EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE CHARPY**

**VOLTA REDONDA
2020**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PROPOSTA PARA APERFEIÇOAMENTO EM SEGURANÇA NO USO DO
EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE CHARPY

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do UniFOA como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aluna:

Amanda Fortes Pereira

Orientador:

Prof.^o MSc. Sérgio Ricardo Bastos de Mello

VOLTA REDONDA

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna:

Amanda Fortes Pereira

Título da monografia: Proposta de aperfeiçoamento em segurança no uso do equipamento de ensaio de Charpy.

Orientador:

Prof.^o MSc. Sérgio Ricardo Bastos de Mello

Banca Examinadora:

Prof.^o MSc. Sérgio Ricardo Bastos de Mello

Prof.^a MSc. Daniele Santos de Oliveira Archanjo de Souza

Prof.^a MSc. Byanca Porto de Lima

A Deus agradeço por ter me iluminado em todo o processo de criação do projeto.

A todos que me auxiliaram ou me apoiaram de alguma maneira fica meu enorme agradecimento por ter vocês ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me amparado e me iluminado em cada passo até aqui.

Agradeço também a minha família, em especial aos meus pais por ter me ajudado a alcançar o tão sonhado diploma de graduação em engenharia, que agora tem ficado cada vez mais próximo de se tornar realidade. Agradeço também a eles por ter

me auxiliado em cada momento difícil enfrentado durante toda a minha passagem pela faculdade.

Agradeço ao meu namorado, Dionei, por ter me incentivado em todos os momentos que quis desistir, me apoiado em cada momento, ter me ajudado a ultrapassar todos os obstáculos, sempre me acalmando e me amparando em cada um dos momentos.

Agradeço aos meus amigos, principalmente a Kelyta que só ficava vendo-me desesperada e escutar que tinha encontrado diversos problemas no caminho, e nesse mesmo momento vinha me acalmando e demonstrando que meus problemas não eram tão grandiosos assim. Agradeço aos meus professores do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, por terem passado todo o conhecimento que adquiri durante todo o curso. Porém em especial, devo agradecer aos professores Sérgio Ricardo Bastos de Mello e Sandro Rosa Correa, por terem acreditado em meu potencial e terem me orientado e contribuído em cada passo com seus conhecimentos.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para que esse processo hoje possa ser entregue com sucesso.

RESUMO

Nos dias atuais as empresas têm focado cada vez mais em trazer melhorias para seus processos, por meio do melhoramento da qualidade e melhor relação de custo-benefício durante esse procedimento. Nesse estudo foram encontradas falhas em equipamentos e procedimentos para realização do ensaio de Charpy quanto aos avanços tecnológicos e até mesmo questões normativas vigentes atualmente. Com base na análise realizada foi possível localizar vários riscos para os operadores com esses equipamentos na realização do ensaio. Muitas empresas buscam manter esse equipamento, mesmo que de versões anteriores e fora de padrão, por conta de o custo para aquisição de equipamentos novos ser bem elevado. Mediante a isso, o presente trabalho objetiva propor melhorias no processo de ensaio com esse tipo de equipamento. Utilizando de alguns métodos da qualidade e com o auxílio do *software* Solidworks, o projeto melhorou a segurança para os colaboradores envolvidos no processo, diminuição na mão de obra para a realização do ensaio, além de trazer desenvolvimento e inovação, e evidenciou que a relação de custo-benefício justifica a adaptação desse tipo de equipamento nas empresas que dispõem dos mesmos.

Palavras chave: Ensaio de impacto. Análise de risco. Aperfeiçoamento de segurança.

ABSTRACT

Nowadays, companies have increasingly focused on bringing improvements to their processes, through quality improvement and better cost-benefit ratio during this procedure. In this study, flaws were found in equipment and procedures for carrying out the Charpy test regarding technological advances and even current regulatory issues. Based on the analysis performed, it was possible to locate several risks for operators with this equipment when carrying out the test. Many companies seek to maintain this equipment, even if from previous and non-standard versions, because the cost of purchasing new equipment is very high. Therefore, the present work aims to propose improvements in the test process with this type of equipment. Using some quality methods and with the aid of the Solidworks software, the project improved safety for the employees involved in the process, decreased manpower for carrying out the test, in addition to bringing development and innovation, and showed that the relationship of cost-benefit justifies the adaptation of this type of equipment in companies that have the same.

Keywords: *Impact test. Risk analysis. Improvement of security.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia de pesquisa	17
Figura 2: Processo do método PDCA e seus Ciclos	20
Figura 3: Representação gráfica do diagrama de causa e efeito	21
Figura 4: Representação do equipamento de ensaio de impacto de Charpy e seu corpo de prova	26
Figura 5: Ciclo PDCA	38
Figura 6: Diagrama de Ishikawa.....	40
Figura 7: Imagem da proteção	42
Figura 8: Talha e sua proteção.....	43
Figura 9: Cabeamento prolongado da botoeira	43
Figura 10: Botoeira.....	43
Figura 11: Furo central da escala de leitura	44
Figura 12: Abertura para o corpo de prova	45
Figura 13: Abertura prolongador parte superior	45
Figura 14: Abertura prolongador parte inferior	46
Figura 15: Portas para manutenção	48
Figura 16: Posicionamento chave de intertravamento	49
Figura 17: Chave de intertravamento	49
Figura 18: Procedimento de rotina	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo entre os métodos 5W e 2H.....	24
Quadro 2: Descrição das severidades	34
Quadro 3: Frequência da exposição (f)	34
Quadro 4: Nível de risco.....	35
Quadro 5: Distâncias de segurança para impedir o acesso às zonas de perigo pelos membros superiores (dimensões em milímetros – mm).....	47
Quadro 6: Nível de risco antes da colocação do sistema de proteção no equipamento	52
Quadro 7: Nível de risco depois da colocação do sistema de proteção no equipamento	52
Quadro 8: Critérios para GMP	53
Quadro 9: Critério para NP	53
Quadro 10: Critérios para FE	54
Quadro 11: Critério para PO.....	54
Quadro 12: Nível de risco de acordo com os índices de prioridades	55
Quadro 13: Aplicações da metodologia 5W2H.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Orçamento do sistema de proteção.....	51
---	----

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Imagem do maquinário frontal.....	39
Fotografia 2: Imagem do maquinário.....	39

LISTA DE SIGLAS

5W2H- *What* (o que), *Why* (porque), *Where* (onde), *When* (quando), *Who* (quem), *How* (como) e *How much* (quanto custa).

ABERGO- Associação Brasileira de Ergonomia.

ASTM- American Society for Testing and Materials.

CA- Certificado de Aprovação.

CLP- Controlador Lógico Programável.

CLT- Consolidação das Leis do Trabalho.

EPI- Equipamento de Proteção individual.

FE- frequência De exposição.

GMP- Good Manufacturing Practices.

HRc- Escala de Dureza Rockwell

IEA- Associação Internacional de Ergonomia.

MTb- Ministério do Trabalho.

MTE- Ministério do Trabalho e Emprego.

MTPS- Ministério do Trabalho e Previdência Social.

NP- número de pessoas.

NR- Norma Regulamentadora.

PDCA- *PLAN* (planejar), *DO* (executar), *CHECK* (verificar), *ACT* (agir).

PO- Probabilidade de ocorrência.

SELF- Sociedade de Ergonomia de Língua Francesa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Problema	15
1.2. Justificativa	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. Metodologia	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Ferramentas da qualidade	18
2.2. PDCA	18
2.3. Diagrama de Ishikawa	20
2.4. Cinco Porquês	22
2.5. 5W2H	23
2.6. Ensaio de Charpy	25
2.7. Norma Regulamentadora 06	27
2.8. Norma Regulamentadora 12	29
2.8.1. Matriz de criticidade	33
2.9. Norma Regulamentadora 17	35
3. ESTUDO DE CASO	38
3.1. Planejar (<i>Plan</i>)	38
3.1.1. Levantamento de dados	38
3.1.2. Análise	39
3.1.3. Cinco porquês	40
3.2. Executar (<i>Do</i>)	41
3.2.1. Projeto do sistema de proteção	41
3.3. Verificar (<i>Check</i>)	50
3.3.1. Resultados	50
3.4. Agir (<i>Act</i>)	55
4. CONCLUSÕES	57
5. REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário que se encontra o mercado ocorre uma grande cobrança para se procurar métodos para realizar melhorias e trazer mais modernidade para equipamentos e máquinas utilizados nas indústrias. As pressões vêm de todos os lados desde a alta gerência, até empresas auditoras, como também de seus próprios clientes que fazem a análise da qualidade do processo. Deve-se levar em consideração que é de extrema importância que as empresas adotem medidas voltadas à qualidade dos seus serviços e produtos, o que lhes garantirá uma vantagem competitiva no mercado, pois os clientes sempre estão atentos às empresas que orientam suas políticas operacionais para a qualidade total. Dentro desse contexto os temas segurança no trabalho e ergonomia devem ser considerados como um diferencial, com impacto direto na produtividade e lucratividade das empresas.

O ensaio de impacto de Charpy se encontra como um ensaio mais barato e simples para a determinação das propriedades dos materiais. Seu objetivo é determinar a energia absorvida por um corpo de prova quando submetido a uma certa carga de impacto por meio de um pêndulo. Esta energia permite determinar a resistência do material e o tipo de fratura ocorrida, dúctil ou frágil. A facilidade de realização do ensaio e a aplicabilidade dos resultados obtidos faz com que ele seja bastante utilizado para certificação da qualidade dos produtos de alta resistência aplicados nos setores automobilísticos, naval, petróleo e gás, entre outros, para prevenir risco de falhas em campo.

1.1. Problema

Não é incomum encontrar equipamentos como os de ensaio Charpy, que se encontram em desacordo com as normas regulamentadoras dentro das indústrias, trazendo risco para seus colaboradores e prejudicando a realização do ensaio.

1.2. Justificativa

Devido ao problema proposto, torna-se relevante esse trabalho de conclusão de curso, pois irá direcionar as empresas para a adequação de seus equipamentos de ensaio Charpy às normas regulamentadoras, de forma a focar na segurança de seus colaboradores e todos que se encontrem ao redor da máquina.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de segurança adequado para máquinas de ensaio de Charpy que se encontram fora do padrão de segurança.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Projetar um sistema de segurança para o equipamento de ensaio de Charpy por meio do software Solidworks;
- ✓ Aplicar normas de segurança no trabalho e de ergonomia disponíveis na ABNT;
- ✓ Reduzir riscos no manuseio do equipamento;
- ✓ Determinar a relação custo-benefício do projeto.

1.4. Metodologia

A metodologia aplicada neste projeto, quanto à natureza, se classifica como aplicada, por vir a promover o aprofundamento de conhecimento. Quanto à abordagem se classifica como qualitativa, devido à maneira que o projeto gerou em torno do modo operante do equipamento e seus impactos no processo de ensaio analisado. Quanto ao objetivo, esta pesquisa se classifica como explicativa ao tentar demonstrar os fatores que influenciam o problema proposto. Quanto ao método, se classifica como estudo de caso, pois através de um levantamento e coleta de dados foi possível permitir uma melhor análise do ambiente em que se encontrava o problema e desenvolver projetos de melhorias que pudessem assegurar a segurança e assim viabilizar a utilização dos equipamentos de ensaio, objeto deste trabalho de conclusão de curso. O projeto se iniciou com uma pesquisa bibliográfica. Como citado por Cervo e Bervian (2002, p. 65), a pesquisa bibliográfica procura expor o problema apresentado utilizando diversos métodos baseados em publicações como artigo, livros, dissertações, entres outros. A metodologia descrita está demonstrada na Figura 1.

Figura 1: Metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são métodos utilizados para trazer melhorias de processos e solução de problemas em qualidade. O uso dessas ferramentas tem como objetivo demonstrar com clareza o desempenho no trabalho e principalmente a tomada de decisão com base em fatos e dados, ao invés de opiniões.

Paladini (2002, p. 246) menciona que a avaliação da qualidade sempre teve um lugar no gerenciamento das organizações, tendo o objetivo de se obter um ambiente competitivo para que possa ser possível desenvolver melhores estratégias.

As ferramentas da Qualidade são técnicas que podem ser utilizadas para obter a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas que são encontrados e interfere no desempenho dos processos organizacionais.

No estudo desenvolvido foi utilizado algumas ferramentas da qualidade, tais como: PDCA, Diagrama de Ishikawa, cinco porquês e o 5W2H.

2.2. PDCA

A metodologia PDCA é um método de gestão, utilizado para demonstrar o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. Também vem a ser considerado um método de solução de problemas, onde a cada meta deve ser proposta uma melhoria contínua para que possa ser possível solucioná-lo. A ferramenta é realizada em quatro etapas: *Plan* (Planejar), *Do* (Executar), *Check* (Verificar) e *Act* (Agir) (MACHADO, 2007, p. 7; WERKEMA, 2013, p.31).

O conceito do método de melhorias PDCA encontra-se atualmente amplamente sendo utilizado nas mais diversas empresas em escala mundial. Geralmente o PDCA é aplicado como uma metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua do processo, proporcionando que as propostas realizadas pelo planejamento estratégico sejam praticadas pela empresa, para que o objetivo possa ser alcançado com sucesso e de extrema importância que o método seja de conhecimento de todos os colaboradores da organização. A melhoria contínua citada anteriormente deriva-se de um processo que tem como objetivo examinar e sugerir melhorias para aumentar a produtividade e reduzir os custos que possam estar sendo desenvolvidas no processo (FALCONI, 2014, p. 256; HARRINGTON e KNIGHT, 2001).

Segundo Soares (2007, p. 17), o Ciclo PDCA auxilia para reduzir nas perdas de qualidade e produtividade, com isso se consegue garantir o melhoramento contínuo das propriedades da qualidade necessárias na obtenção de vantagens competitivas.

De acordo com Werkema (2013, p. 32), quanto mais informações, sejam elas fatos, dados e/ou conhecimentos forem possíveis se agregar ao método, maiores serão as probabilidades de alcançar as meta, porém maior será a necessidade de se realizar a utilização de ferramentas para coletar, processar e dispor essas informações durante o processo de utilização do PDCA.

Segundo Rezende (2005), o uso acontece da seguinte forma:

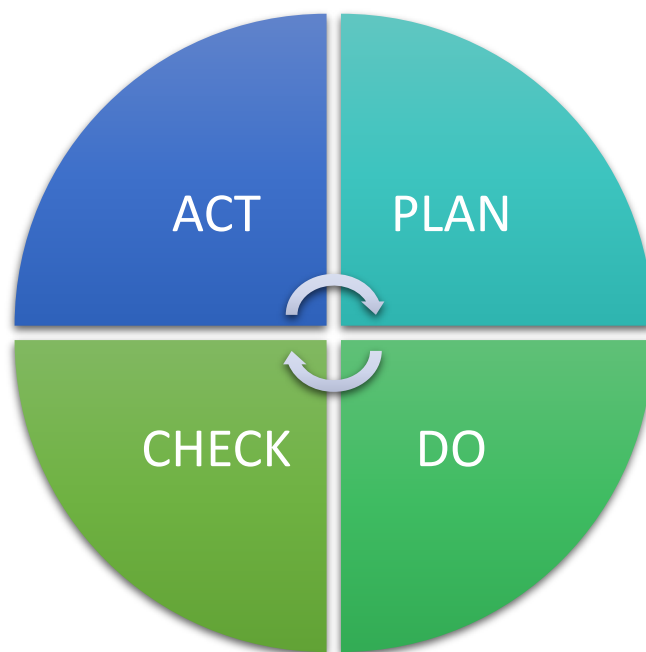
P (Plan = Planejar), onde se planeja o que será realizado, estabelecendo as metas e definindo os métodos para atingir o objetivo;

D (Do = Executar), trata-se a parte de como se irá executar o planejado proposto, utilizando os métodos definidos durante o processo de planejamento;

C (Check = Verificar), etapa na qual se deve realizar uma verificação se os resultados gerados que estão sendo alcançando de forma positiva e realizar um treinamento do que está sendo planejado;

A (Action = Agir), momento no qual devem ser realizadas as correções das metas planejadas, caso sejam necessárias, e realizar ações corretivas ou de melhoria, caso tenha sido observada na etapa anterior a necessidade de corrigir ou aperfeiçoar o processo.

Figura 2: Processo do método PDCA e seus Ciclos



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

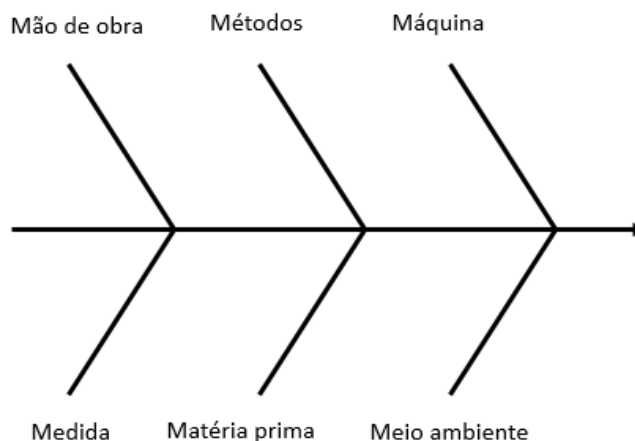
2.3. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa apresenta a relação existente entre um efeito e/ou problema e os seus fatores, que vem a ser as possíveis causas do processo que possam, de alguma forma, afetar o resultado considerado satisfatório. Também vem a ser nomeada de Diagrama de Ishikawa, por conta do nome de seu criador, ou Diagrama Espinha de Peixe, por conta do formato na qual ele vem a ser utilizado, ou Diagrama de Causa e Efeito devido à apresentação desta relação (FERREIRA, 2003; MIGUEL, 2006).

Segundo Mauad *et al.* (2005, p. 4), pode ser elaborado seguindo os seguintes passos: Determinar o problema a ser examinado; relatar suas possíveis causas encontradas; construir o diagrama agrupando as causas em “6M” (Método, Matéria-prima, Mão-de-obra, Máquinas, Medida, Meio Ambiente), de acordo com a necessidade do problema; analisar o diagrama a fim de identificar as causas possíveis; Iniciar as correções necessárias do problema.

O modelo como o diagrama e agrupado se encontra exposto na figura 3.

Figura 3: Representação gráfica do diagrama de causa e efeito



Fonte: CAMPOS (1992 p. 18)

Miguel (2006) cita, que este diagrama vem a ser uma forma gráfica, trazendo com ela a representação da relação entre a causa e efeito para um processo. Assim é possível quando descoberto um problema ou efeito indesejável do processo identificar suas possíveis causas. Dessa maneira o diagrama de Ishikawa tem a função de um método utilizado para identificar as causas relacionadas ao problema analisado e orientar com medidas corretivas possíveis a serem aplicadas.

Basicamente, o diagrama é alcançado por meio de um *brainstorming*, que significa tempestade de ideias, ou seja, pensamentos e ideais que cada membro de um grupo de discussão expõe de forma livre independente de sua colocação no meio, ocorrendo assim, de forma democrática. Portanto, para Miguel (2006) o diagrama vem para auxiliar quando encontrado um problema, sendo utilizado para registrar e realizar representação de forma gráfica de dados e informações obtidos.

Durante a etapa de levantamento das possíveis causas é aconselhável utilizar a técnica do *Brainstorming*, que pode ser definido como uma atividade de grupo, aonde as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais de fala, fazem suas colocações sobre um determinado assunto (GODOY, 2001; WERKEMA, 2006).

O Diagrama de Ishikawa, constitui-se segundo Tofoli (2008, p. 105-119), um diagrama de demonstração das possíveis causas que podem ocorrer de um problema,

a partir da sua devida análise, realizando uma classificação das origens de suas possíveis causas.

Werkema (2014, p. 90) acredita que para a execução do diagrama devem ser seguidas as seguintes etapas:

1. Defina e inicie escrevendo a característica ou o problema dentro de um retângulo, no lado direito do diagrama. Em seguida trace a espinha dorsal em formato de peixe, direcionada da esquerda para a direita, até o retângulo.
2. Relacione dentro de retângulos, como espinhas grandes, as causas possíveis que afetam a característica ou o problema definido no item 1.
3. Relacionem, no formato de espinhas médias, as causas secundárias que afetam as causas primárias.
4. Relacionem, no formato como espinhas pequenas, as causas terciárias que afetam as causas secundárias.
5. Identifiquem no diagrama a(s) causa(s) que parecem exercer um efeito mais crítico sobre a característica ou do problema.

2.4. Cinco Porquês

O método conhecido como os cinco porquês é uma técnica utilizada para auxiliar na identificação da causa da problemática estudada, geralmente se encontra omitida por alguns sintomas relacionado ao problema. Os 5 por quês são particularmente mais úteis quando se é utilizado para tratar problemas envolvendo fatores humanos e interações do dia-a-dia nas possíveis causas do problema analisado (FONSECA, 2006, p. 7; SELEME, STADLER, 2012, p. 44).

Segundo Slack, Jones e Johnston (2018, p. 625), a técnica se inicia com o estabelecimento do problema e a pergunta “por que o problema aconteceu?”. A técnica se inicia com o estabelecimento do problema e a pergunta por que o problema aconteceu?

De acordo com Weiss (2011), a ferramenta da qualidade cinco porquês consistem em uma ferramenta de simples aplicação para resolução de problemas. Essa ferramenta foi proposta por Taiichi Ono, e constitui-se em apresentar os problemas com a pergunta “Por que” cinco vezes para compreender a causa-raiz do problema. Para a realização da análise dos cinco por quês, embora seja denominada desta forma, não se é necessário estabelecer a formulação somente cinco vezes, podendo ser utilizada com menos por quês ou mais por quês, por exemplo, utilizando somente três, de acordo com a necessidade observada para que se encontre a causa raiz.

Ainda de acordo com Weiss (2011), descreve de forma simples os 5 passos que devem ser adotados para aplicar o método:

1. Inicie a análise com a utilização da afirmação da situação que se deseja compreender, ou seja, deve-se iniciar com formulação utilizando o problema;
2. Após pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira;
3. Em seguida explique por que a afirmação anterior é verdadeira e realize a pergunta por que novamente;
4. Continue realizando as perguntas porque até que não se possa mais perguntar os por quês;
5. Ao interromper as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi identificada.

2.5. 5W2H

Segundo Nakagawa (2008, p. 1), a ferramenta 5W2H pode ser utilizada de forma isolada das outras ferramentas da qualidade para se conseguir colocar em prática uma decisão simples na empresa. Essa ferramenta contribui na melhor identificação do que cada um irá realizar dentro da organização, a função direcionada a cada, e porque e como são realizadas as atividades dispostas a cada uma das pessoas envolvidas.

Segundo Nakagawa (2008, p. 3), a técnica 5W2H, conforme apresentado no Quadro 1, é uma ferramenta que permite a qualquer instante, ser identificado dados e rotinas mais importantes de um projeto ou de uma atividade de produção. O método é constituído de sete perguntas, utilizadas para implementar soluções:

1. **O que?** (*What?*): Ação, ou atividade, ou problema, ou um desafio que deve ser executada ou solucionada;
2. **Por quê?** (*Why?*): Justificativa dos motivos daquilo estar sendo executado ou solucionado;
3. **Quem?** (*Who?*): Definição de quem será o responsável pela execução do que foi planejado;
4. **Onde?** (*Where?*): Definição sobre onde cada um dos procedimentos será executado;
5. **Quando?** (*When?*): As datas previstas dos procedimentos;
6. **Como?** (*How?*): Explicação detalhada sobre como serão executados os procedimentos;
7. **Quanto?** (*How much?*): Demonstrativos de quanto custará cada procedimento e o seu custo total do que será realizado.

Quadro 1: Comparativo entre os métodos 5W e 2H

Método dos 5W2H			
5W	What?	O que?	Que ação será executada?
	Who?	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where?	Onde?	Onde será executada a ação
	When?	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why?	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	How?	Como?	Como será executado a ação?
	How much?	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Nakagawa (2008).

A técnica 5W2H é uma ferramenta simples, porém de extrema importância, ela serve para se obter um melhor conhecimento e uma análise mais detalhada sobre determinado processo, problema ou ação. Ela pode ser desempenhada para três etapas na solução de problemas:

- A. **Diagnóstico:** na investigação de um problema ou processo, para proporcionar um aumento nos níveis de informações e buscar de forma mais rápida as falhas;
- B. **Plano de ação:** utilizada para auxiliar na elaboração de um plano de ação sobre o que deve ser feito para eliminar um problema proposto;
- C. **Padronização:** auxilia na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo.

2.6. Ensaio de Charpy

Para a realização de qualquer projeto de engenharia, é necessário um vasto conhecimento das características, propriedades e comportamento dos mais diversos materiais. A determinação das características e propriedades mecânicas de um material metálico é encontrada com através dos ensaios mecânicos, que são realizados por meio da aplicação de uma das formas de energia encontradas, em um material para conseguir determinar a resistência de um material a cada um destes métodos, seja essa energia gerada por meio de tração, compressão, flexão, impacto, torção, entre outros (GARCIA, SPIM, SANTOS, 2012; SOUZA, 1982).

Segundo Souza (1982), atualmente é observado que o ensaio de impacto é um dos mais utilizados para se entender o comportamento do material, sendo um ensaio muito utilizado como teste para a aprovação dos materiais. Os ensaios de impacto são bem utilizados e recomendados até hoje para medir a quantidade de energia que um material absorve antes de romper.

Conforme Williams e Ellinger (1948), os ensaios de impacto são bem utilizados e recomendados até hoje para medir a quantidade de energia que um material absorve antes de romper. O teste de impacto vem sendo fundamental para melhorar o estudo dos diversos comportamentos que os materiais podem demonstrar, principalmente nos meses de inverno. Os fatos ocorriam, em sua maioria, por conta de que alguns metais em certas faixas de temperatura apresentam comportamento dúctil, mas fragilizam em outras faixas de temperatura, provocando sua fratura abrupta e com pouca deformação plástica, ocorrendo assim a deformação do material de forma não recuperável e permanente.

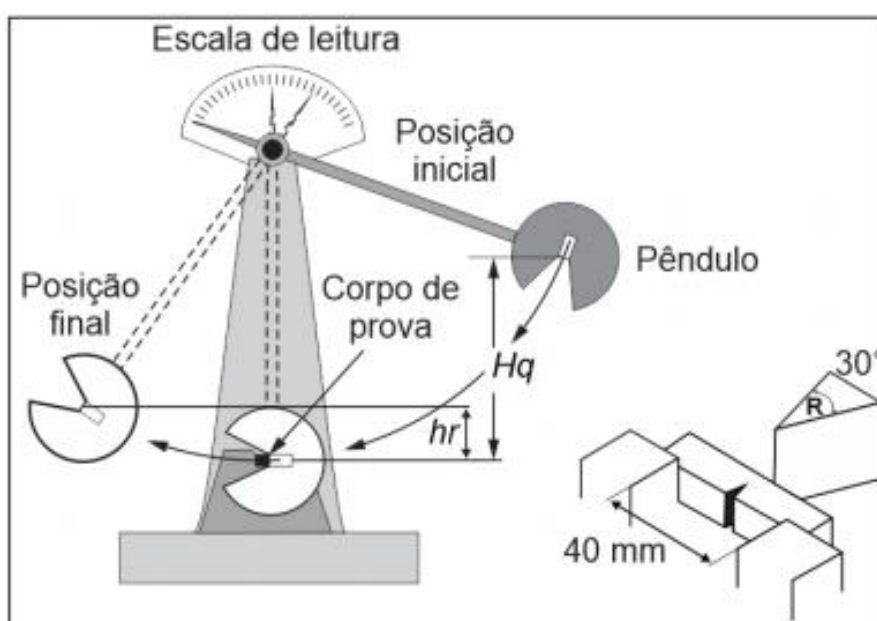
Segundo Callister (2006), existem dois métodos de ensaios de impacto: o ensaio de Impacto Charpy e o ensaio de Impacto Izod. A diferença encontrada entre os ensaios é devido à posição do entalhe encontrado no corpo de prova, além do posicionamento do corpo de prova no equipamento, onde um sendo colocado na posição horizontal e o outro de forma vertical, para realizar o ensaio.

Garcia, Spim e Santos (2012) define que: um principal papel que o ensaio de impacto Charpy obtém é em determinar se um material apresenta ou não uma

transformação dúctil-frágil de acordo com a variação da temperatura de ensaio, no de ser encontrado e realizado uma verificação de qual vem a ser a faixa de temperatura utilizada que acontece este efeito.

O ensaio de impacto, o corpo de prova deve conter o formato de uma barra com seção transversal quadrada e o corpo de prova é apoiado em sua posição horizontal, conforme mostrado na figura 4 (CALLISTER, 2015; GARCIA, SPIM, SANTOS, 2012).

Figura 4: Representação do equipamento de ensaio de impacto de Charpy e seu corpo de prova



Fonte: Garcia, Spim e Santos (2012)

Ao implantar uns sistemas de gestão em ambiente laboratorial pode se observar que conseguimos imensuráveis benefícios, tais como: garantia na qualidade dos resultados e rastreabilidade das medições; aumento do número de serviços prestados e da satisfação dos clientes; melhoria da eficácia do laboratório, facilitando o trabalho e a integração de novos membros e a conscientização do pessoal; melhoria das atividades de pesquisa; aumento da qualificação da equipe de trabalho. Devido a isso os ensaios de Charpy atualmente se encontram sendo realizados em ambientes laboratoriais, e trazendo grande desempenho em seu processo (ABDEL-FATAH, 2010; GROCHAU, 2010, tradução nossa).

De acordo com Kobayashi, Kim, Morita (2001), o ensaio de impacto Charpy apresenta vantagens como:

1. Corpos-de-prova de forma reduzida, não exigindo muito do material original;
2. Facilidade no processo de execução;
3. Possibilidade de se obter altas e várias taxa de deformação;
4. Relação com outros ensaios de fratura e;
5. Economia

Algumas normas técnicas como a ASTM E 23-02^a (2002) e a ISO/DIS 148-2 (2006), estabelecem que a calibração das máquinas pendulares de impacto Charpy inclua: uma verificação direta e indireta de alguns componentes fixos e móveis constituintes da máquina. Os resultados destas verificações são fundamentais para caracterizar o desempenho mecânico da máquina.

Uma máquina de impacto do tipo Charpy pode ser considerada um equipamento de referência ASTM E 1236 (1991) desde que atenda às seguintes condições:

- 1) Capacidade nominal mínima de 330J;
- 2) O cutelo e os apoios em contato com o corpo de prova devem ter uma dureza mínima de 56 hrc;
- 3) A posição angular do pêndulo na extremidade do balanço ou a energia absorvida correspondente, deve ser registrado em meio digital ou gráfico-analógico. Este registro deve ser numa forma permanente apropriada para avaliação em qualquer instante de uso da máquina até 12 meses após o descarte ou ensaios dos corpos-de-prova de referência pertencentes ao lote;
- 4) Se a energia absorvida é calculada e registrada automaticamente, o valor mostrado deve ser arredondado para 0,1J ou, opcionalmente, 0,5% da energia, se maior;
- 5) Se a posição do pêndulo é registrada, o registro deve ser legível para um maior ângulo correspondente de 0,3J ou 1% da energia absorvida.

2.7. Norma Regulamentadora 06

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego, A Norma Regulamentadora 06 (NR 06) (2018) e seus anexos definem:

Parâmetros para Equipamento de Proteção Individual - EPI, onde pode ser indicado como: "todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho".

A NR 06 foi introduzida no ordenamento jurídico pela Portaria GM nº 3.214 de 8 de junho de 1978, tratando exclusivamente sobre Equipamento de Proteção individual, com sua última atualização em 24 de outubro de 2018, pela portaria MTb n.º 877.

Dobrovolski, Witkowski e Alamanczuk (2008) destacam que: o uso dos EPI's é uma das formas propostas em lei de maneira que auxilia a prevenir as lesões provocadas pelos acidentes de trabalho. Os Equipamentos de Proteção Individual pode ser definido como todos os instrumento de uso pessoal fornecidos pelos empregadores aos seus trabalhadores que fornecem segurança e saúde ao trabalhador, tendo como objetivo diminuir e evitar lesões em casos de acidentes ou exposição a riscos.

Silva (2009) declara que os protetores auriculares representam equipamentos destinados a proteção dos trabalhadores que trabalham em locais com muito ruído elevado, sendo estes acima dos limites de tolerância, e também devem ser mantidos sempre limpos e confortáveis, sendo necessária a troca dos mesmos para higienização de acordo com a periodicidade de utilização.

Esses EPI's são utilizados a proteger e preservar a saúde do trabalhados e desempenham um papel com toda extensa responsabilidade para a preservação do trabalhador contra os mais diversos riscos aos quais está sujeito nos ambientes de trabalho (NASCIMENTO *et al.*, 2009, p. 57; RAMOS, 2009, p.83).

O EPI's é considerado um equipamento de uso pessoal e exclusivo, cuja sua finalidade é neutralizar a ação de certos acontecimentos que podem vir causar lesões ao trabalhador, e equipamentos esse que protegem os operários durante a realização do exercício de sua função (FRANZ, 2006, p. 60; GROHMANN, 2002, p. 7).

Por meio da NR 6 (2018) define-se os EPI's conforme necessidade de proteção da parte do corpo, sendo as seguintes:

- ✓ EPI para proteção da cabeça como: Capacete e Capuz ou balaclava;
- ✓ EPI para proteção dos olhos e faces como: Óculos e protetor facial;
- ✓ EPI para proteção auditiva como: Protetor auditivo;
- ✓ EPI para proteção respiratória como: Respirador purificador de ar não motorizado e Respirador purificador de ar motorizado;

- ✓ EPI para proteção do tronco como: vestimentas contra riscos de origem térmica e mecânica;
- ✓ EPI para proteção dos membros superiores como: luvas e creme protetor;
- ✓ EPI para proteção dos membros inferiores como: calçados e perneira;
- ✓ EPI para a proteção do corpo inteiro como: macacão e vestimenta de corpo inteiro.

Silva (2009) alerta que durante o uso desses EPI's deve-se: evitar o contato com materiais cortantes e químicos para que não ocorra sua contaminação, conferir as condições das costuras e das partes metálicas, das conexões, do rabicho e do mosquetão, verificando desta maneira se o mesmo se encontra em suas condições adequadas.

Ainda de acordo com Silva (2009), os calçados são equipamentos de proteção individual de uso obrigatório em todos os locais do ambiente de trabalho e durante toda sua jornada de trabalho, sendo equipamentos utilizados para a proteção aos pés contra fortes impactos, objetos perfurantes, trabalhos em lugares úmidos ou com produtos químicos.

Nascimento *et al.* (2009) destaca que o empregador tem algumas obrigações quanto aos EPI's que são: fornece gratuitamente ao empregado o tipo adequado de EPI para cada atividade que exercida; fornecer ao empregado somente EPI's com CA; treinar o trabalhador sobre seu uso adequado; tornar obrigatório o seu uso; substituí-lo, imediatamente, quando danificado ou extraviado; responsabilizar-se pela sua higienização e manutenção periódica e comunicar ao Ministério do Trabalho qualquer irregularidade observada nos EPI's

2.8. Norma Regulamentadora 12

De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE):

As Normas Regulamentadoras - NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT.

A NR 12 foi introduzida no ordenamento jurídico pela Portaria GM nº 3.214 de 8 de junho de 1978, tratando exclusivamente de Máquinas e Equipamentos, com sua última atualização em 18 de dezembro de 2018, pela portaria MTb n.º 1.083.

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego, a Norma Regulamentadora 12 e seus anexos definem:

Referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas.

Abimaq (2014) descreve que as normas regulamentadoras 12 englobam com os principais objetivos a segurança do trabalhador, as melhorias das condições de trabalho em prensas e similares, injetoras, máquinas e equipamentos de uso geral, máquinas e equipamentos seguros, conceito de falha de segurança, e máquinas e equipamentos à prova de burla.

A Norma NR 12 (2018) se encontra dividida nos seguintes itens:

- ✓ Itens 12.1 ao 12.5 – Princípios Gerais.
- ✓ Itens 12.6 ao 12.13 – Arranjos Físicos e Instalações.
- ✓ Itens 12.14 ao 12.23 - Instalações e Dispositivos Elétricos.
- ✓ Itens 12.14 ao 12.37 - Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada.
- ✓ Itens 12.38 ao 12.55.1 - Sistemas de Segurança.
- ✓ Itens 12.56 ao 12.63.1 - Dispositivos de Parada de Emergência.
- ✓ Itens 12.64 ao 12.76.1 - Meios de Acesso Permanentes.
- ✓ Itens 12.77 ao 12.84.1 – Componentes Pressurizados.
- ✓ Itens 12.85 ao 12.93.1 – Transportadores de Materiais.
- ✓ Itens 12.94 ao 12.105 – Aspectos Ergonômicos.
- ✓ Itens 12.106 ao 12.110 - Riscos Adicionais.
- ✓ Itens 12.111 ao 12.115 - Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos.

- ✓ Itens 12.116 ao 12.124.1- Sinalização.
- ✓ Itens 12.125 ao 12.129 – Manuais.
- ✓ Itens 12.130 ao 12.132.1- Procedimentos de Trabalho e Segurança.
- ✓ Itens 12.133 ao 12.134 - Projeto, Fabricação, Importação, Venda, Locação, Leilão, Cessão a qualquer Título, Exposição e Utilização.
- ✓ Itens 12.135 ao 12.147.2 – Capacitação.
- ✓ Itens 12.148 ao 12.152 - Outros Requisitos Específicos de Segurança.
- ✓ Itens 12.153 ao 12.155 - Dispositivos Finais.

Na norma podemos observar nos itens que são tratados diversos temas e abordagens diferentes como podemos observar no item de Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada, onde descreve o modo mais adequado para se adicionar e/ou o porquê da utilização desses itens como demonstrados nos itens 12.24 e 12. 25.

12.24 Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) Não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) Possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) Impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qual outra forma acidental;
- d) Não acarretem riscos adicionais; e
- e) Não possam ser burlados.

12.25 Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.

Também contamos com itens na norma que demonstram sua finalidade de aplicação, como proposto no item 12.42:

12.42 Para fins de aplicação desta norma, consideram-se dispositivos de segurança os componentes que por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, sendo classificados em:

- a) Comandos elétricos ou interfaces de segurança: dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedem a ocorrência de falhas que provoque a perda da função de segurança, como reles de segurança, controladores configuráveis
- b) de segurança e controlador lógico programável- CLP de segurança;
- c) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, magnéticas e eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015;
- d) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, com ação e ruptura positiva, magnética e eletrônicas codificadas,

- optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas;
- e) sensores de segurança: dispositivos detectores de presença mecânicos e não mecânicos, que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de detecção, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções perigosas, como cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, laser de múltiplos feixes, barreiras óticas, monitores de área, ou scanners, batentes, tapetes e sensores de posição; (Alterada pela Portaria MTPS n.º 211, de 09 de dezembro de 2015);
 - f) Válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos da mesma eficácia;
 - g) Dispositivos mecânicos como: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, defletores e retrateis; e
 - h) Dispositivos de validação: dispositivos suplementares de comando operados manualmente, que, quando aplicados de modo permanente, habilitam o dispositivo de acionamento, como chaves seletoras bloqueáveis e dispositivos bloqueáveis.

Essa norma regulamentou os Art. 184, 185 e 186 da CLT, que traz no seu texto as seguintes redações (CLT, 1943):

Art. 184 - As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto a risco de acionamento acidental;

Art. 185 - Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização ao ajuste;

Art. 186 - O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas quando motorizadas ou elétricas.

Esses Artigos da CLT demonstram que as máquinas e equipamentos devem ser dotados de dispositivos de acionamento, de partida ou de parada com a finalidade de proteção dos trabalhadores.

Cabe destacar os itens 12.3 e 12.4 da norma regulamentadora:

12.3 O empregador deve adotar medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, capazes de garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e medidas apropriadas sempre que houver pessoas com deficiência envolvidas direta ou indiretamente no trabalho.

12.4 São consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem de prioridade:

- a) Medidas de proteção coletiva;
- b) Medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
- c) Medidas de proteção individual.

Alves (2015) declara que o atendimento das exigências as normas é um agente de extrema importante para as empresas, pois ela esclarece a legalidade delas com as normas vigentes e mostra sua devida preocupação com o tema segurança do trabalho.

2.8.1. Matriz de criticidade

A matriz de criticidade é uma técnica utilizada para identificar e classificar eventos que possam ser considerado um potencial de risco baseados no seu impacto e importância para o processo, aonde atualmente se encontra sendo uma exigência em sistemas ambientais e de segurança, podendo ser conduzida de forma quantitativa ou qualitativa. Basicamente pode ser denominada como uma ferramenta visual para identificação e comparação dos modos de falha de todos os componentes, sistema ou equipamento analisados, seguindo como base para avaliar a relação entre a probabilidade de ocorrência e a severidade no modo de falha encontrado. (IEC, 2006; SMITH, HAWKINS, 2004).

A matriz de criticidade vem a ser uma análise detalhada dos riscos na qual os colaboradores se encontram expostos, ela vem a ser baseada e definida através de diversas normas como a Norma Regulamentadora 12, NBR ISO 12100 (2013), NBR 14009 (1997), entre outras.

Um procedimento de avaliação de diferentes perigos e riscos na máquina pode ser definido pela norma ABNT NBR 14009 (1997), na qual podem ser apresentados nos parâmetros como severidade, frequência e duração de exposição, probabilidade de eventos perigosos, probabilidade de evitar ou limitar danos e classe de probabilidade de dano (SCHEMERSAL, 2014).

Schemersal (2014) vem a definir os parâmetros como:

Severidade (S): E definida como severidade todo ferimento ou danos à saúde que pode ser levando em consideração ferimentos reversíveis, ferimentos

irreversíveis e morte. O valor apropriado de severidade pode ser escolhido com base nas consequências dos ferimentos, conforme mostra o quadro 2.

Quadro 2: Descrição das severidades

Severidade	Descrição
4	Significa um ferimento fatal ou irreversível que seja muito difícil continuar o mesmo trabalho depois de curado, se curado;
3	Significa um ferimento grande ou irreversível de tal modo que possa ser possível continuar o mesmo trabalho depois de curado. Também pode ser incluído um ferimento grande e grave, porém reversível tal como membros quebrados;
2	Significa um ferimento reversível, incluindo laceração graves, apunhalada, e hematomas graves que requerem atenção médica;
1	Significa um ferimento pequeno incluindo arranhões e pequenos hematomas que requerem atenção por primeiros socorros.

Fonte: SCHEMERSAL, 2014

Frequência e Duração de Exposição (F): É determinado de acordo com a frequência que se ocorre a exposição, podendo ser considerados aspectos relacionados a necessidade de acesso a zona de perigo. O Quadro 3 mostra a média de frequência e duração de exposição que podem ser considerados.

Quadro 3: Frequência da exposição (f)

Índice	Descrição
1	Maior que mensal
2	Mensal
3	Semanal
4	Diário (uma vez por jornada de trabalho)
5	Constante (mais de uma vez por jornada de trabalho)

Fonte: Schemersal (2014).

Probabilidade de frequência (P): Este parâmetro pode ser obtido através da previsão do comportamento das partes dos componentes da máquina relevantes aos perigos em diferentes modos de uso. Esse item pode ser influenciado por fatores como habilidades, treinamento, experiência e complexidade da máquina/processo.

Pessoas expostas (NP): Neste parâmetro deve se levar em consideração todas as pessoas expostas aos perigos. Isso incluindo os operadores, pessoas responsáveis pela manutenção e outras que possam ser afetadas pela máquina.

Nível de risco: É definido a partir da multiplicação dos quatro valores encontrados na análise, sendo ele a severidade, a probabilidade de frequência, número de pessoas expostas e a frequência de exposição. Ele pode ser classificado de 1 a 5 de acordo com a norma regulamentadora 12, tendo seus índices demonstrados no quadro 4.

Quadro 4: Nível de risco

NÍVEL DE RISCO	
INDICE	DESCRIÇÃO
0 ~ 50	Nível 1
51 ~ 200	Nível 2
201 ~ 500	Nível 3
501 ~ 2000	Nível 4
> 2001	Nível 5

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

2.9. Norma Regulamentadora 17

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego, a Norma Regulamentadora 17 (NR17) (2018) e seus anexos definem:

Estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. A NR 17 foi introduzida no ordenamento jurídico pela Portaria GM nº 3.214 de 8 de junho de 1978, tratando exclusivamente da ergonomia, com sua última atualização em 24 de outubro de 2018, pela portaria MTb n.º 876.

Segundo Silva e Lucas (2009), a ergonomia é o estudo científico que relaciona o homem com seus meios, métodos e espaços de trabalho, proporcionando uma melhor adaptação ao homem dos meios tecnológicos, dos ambientes de trabalho e de vida, as práticas ergonômicas focam em remover os aspectos negativos do trabalho, possíveis de acarretar danos e proporcionar redução do desempenho ao trabalhador.

lida (2005, p. 3) descreve que a ergonomia estuda os mais diversos fatores que possam vir a influenciar o desempenho dos trabalhadores no sistema produtivo.

De acordo com Falzon (2007, p. 19), a ergonomia envolve suas definições em dois objetivos fundamentais, o conforto e a saúde dos usuários, isso sendo associado aos riscos, aos acidentes e às doenças no âmbito do trabalho, e à fadiga, sendo essa, tanto física, quanto mental.

Existem várias definições que podem explicar perfeitamente a Norma Regulamentadora 17, mas em comum a todas elas pode ser observado que a norma vem para proporcionar maior conforto e segurança ao trabalhador ao realizar suas devidas atividades, prevenindo assim que o mesmo venha a se lesionar ou de ocorrerem acidentes por esforço repetitivo tanto físico, quanto mental. Além disso, a Norma demonstra a responsabilidade do empregador em realizar uma devida análise ergonômica do trabalho para avaliar as melhores adaptações às características psicofisiológicas dos trabalhadores em suas distintas atividades, devendo levar em consideração que grande parte dos acidentes e doenças relacionados ao trabalho são de origem previsíveis e evitáveis.

A ergonomia tem o objetivo de alterar os ambientes de trabalho para adaptar as atividades de acordo com suas características, habilidades e limitações de cada pessoa juntamente com a perspectiva ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro. A ergonomia surgiu devido a necessidade de responder as necessidades descobertas por situações de trabalho insatisfatórias (ABERGO, 2000; WISNER, 2003).

De acordo com Dul *et al.* (2012, p. 377-395), a ergonomia tem um grande potencial em ajudar com projetos de todos os tipos de ambientes que os seres humanos interagem, seja ele físico, organizacional e/ou social, como também sistemas de serviços/produtos, aonde o homem possa vir a ser o usuário do produto ou a pessoa que recebe o serviço determinado; e o ambiente pode ser considerado como aquele em que o produto é utilizado ou onde o serviço é recebido.

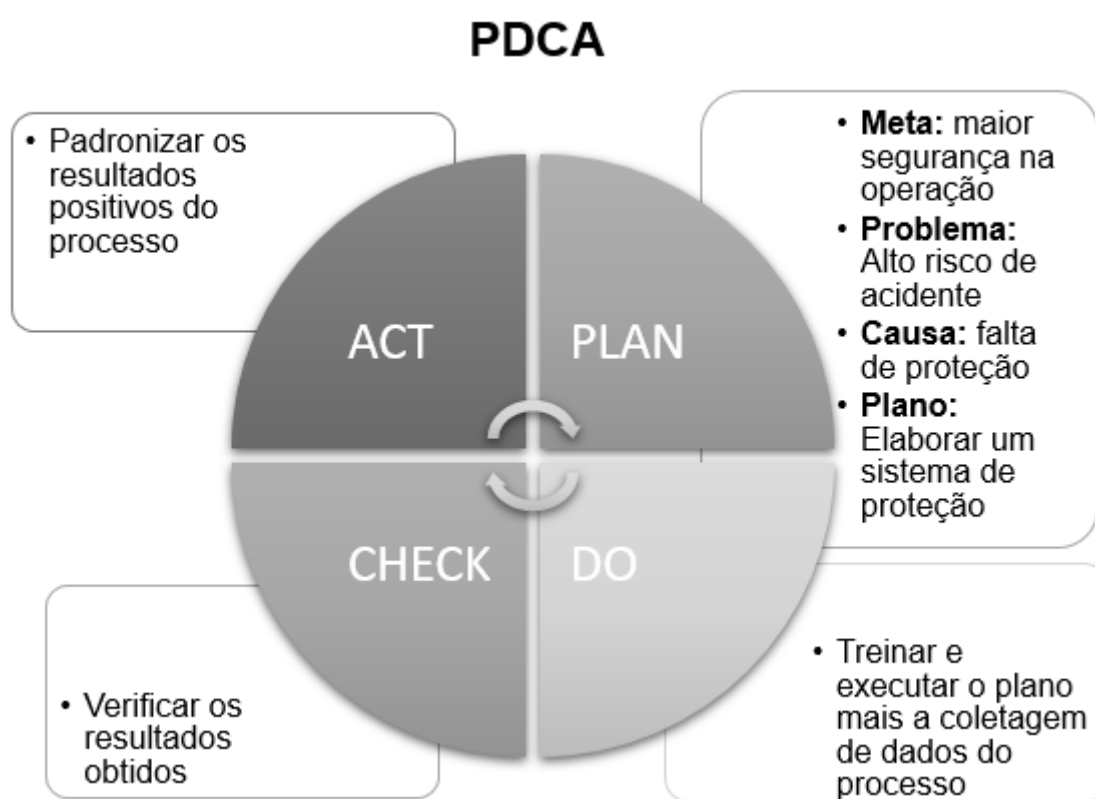
Existem diversos modelos de ações ergonômicas desenvolvidas em empresas que estão sendo publicado, porém, não vem a ser claro qual a melhor forma que esses modelos podem ser implementados. A ergonomia é um campo que pode ser aplicada por profissionais de diversas formações e áreas, como médicos, engenheiros, fisioterapeutas, enfermeiros, terapeutas ocupacionais, assistentes sociais, designers, arquitetos, entre outros (GONÇALVES, 2014, p. 238; VEZZÁ, 2005, p. 82).

A norma por mais ampla que seja, não demonstra ser bem definida em suas características. Portanto, não se demonstra de forma bem definida quais são os melhores métodos de aplicação para cada área, trazendo assim com ela diversas possibilidades de implementação não limitando o seu desempenho por área ou atividade.

3. ESTUDO DE CASO

Para a gestão deste projeto verificou-se adequada a utilização da metodologia proposta pelo ciclo PDCA para analisar, treinar e controlar, além de trazer melhoria contínua no processo estudado, conforme Figura 4.

Figura 5: Ciclo PDCA



Fonte: elaborado pela autora (2020).

3.1. Planejar (*Plan*)

3.1.1. Levantamento de dados

O equipamento de ensaio de Charpy utilizado neste trabalho foi o modelo PW 30K – Sistema Wolpert/Amsler com capacidade de 300 J produzido pela empresa Panambra. O trabalho consistiu numa avaliação preliminar dos riscos deste equipamento e por ser antigo (1988) como demonstrado nas fotografias 1 e 2 , ele teve sua avaliação de risco em 5, valor máximo numa escala de 1 a 5 conforme os critérios de avaliação da norma NR 12. O equipamento tem operação manual, no qual o operador realiza a elevação do pêndulo, o que expõe o mesmo a vários risco, até mesmo de morte.

Fotografia 1: Imagem do maquinário frontal



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Fotografia 2: Imagem do maquinário

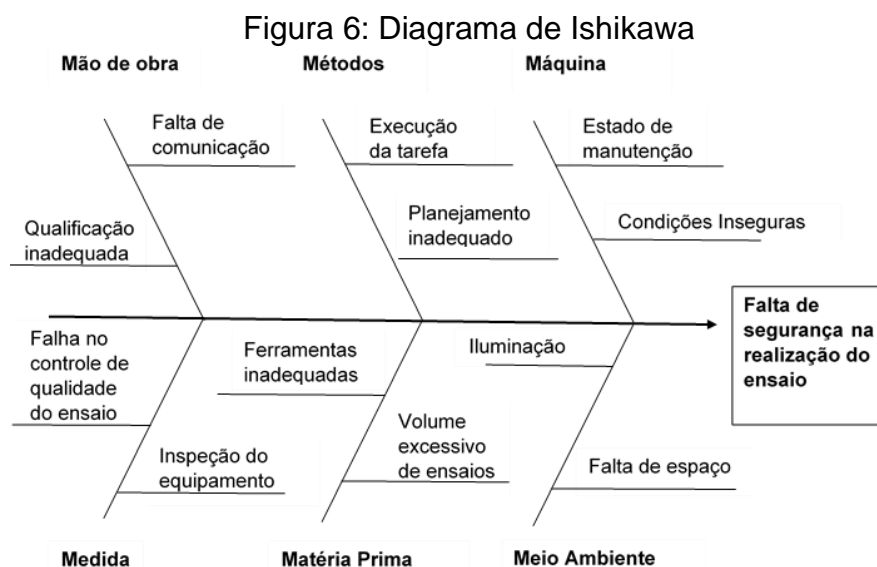


Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.1.2. Análise

Os sistemas de segurança apresentaram nos últimos anos, grande evolução, entretanto, a sua aplicação em equipamentos antigos requer uma análise do setor de engenharia para não alterar as suas funcionalidades. Diante disto deve ser proposto um sistema de proteção que não altere seu desempenho, que possa promover a modernização da sua estrutura e trazer maior segurança para os envolvidos com esse tipo de equipamento, conforme preconizam as normas regulamentadoras aplicáveis.

Para identificar as possíveis causas do problema da falta de segurança que os colaboradores são expostos, foi realizado um *brainstorming*. Com essa apuração, foram definidas as diversas possíveis macro causas do problema segundo os 6M (máquina, método, mão de obra, medida, matéria prima e meio ambiente) como representado na Figura 5.



Definiu-se que na macro causa máquina se encontrava a causa mais crítica: “Condições inseguras”. Essa definição se deu por envolver a segurança dos operadores da máquina e demais atores envolvidos na realização do ensaio Charpy.

3.1.3. Cinco porquês

Para o propósito deste trabalho será analisada a causa principal identificada no diagrama de Ishikawa: condições inseguras, através do método dos cinco porquês.

Primeiro porquê: Por que ocorrem condições inseguras na realização do ensaio Charpy?

Porque não há impedimento de acesso do colaborador ao raio de ação da máquina.

Segundo porquê: Por que não há impedimento de acesso do colaborador ao raio de ação da máquina?

Porque não há controles de engenharia disponíveis.

Terceiro porquê: Por que não há controles de engenharia disponíveis?

Porque a máquina não tem sistema de proteção de segurança para o colaborador.

Quarto porquê: Por que a máquina não tem sistema de proteção de segurança para o colaborador?

Porque a máquina de ensaio Charpy é um modelo anterior às normatizações atuais de segurança de máquinas e equipamentos, como a NR 12.

Portanto, deve-se desenvolver um plano de ação para implantação de um sistema de segurança para a máquina de ensaio Charpy em conformidade com as normas regulamentadoras atuais.

3.2. Executar (Do)

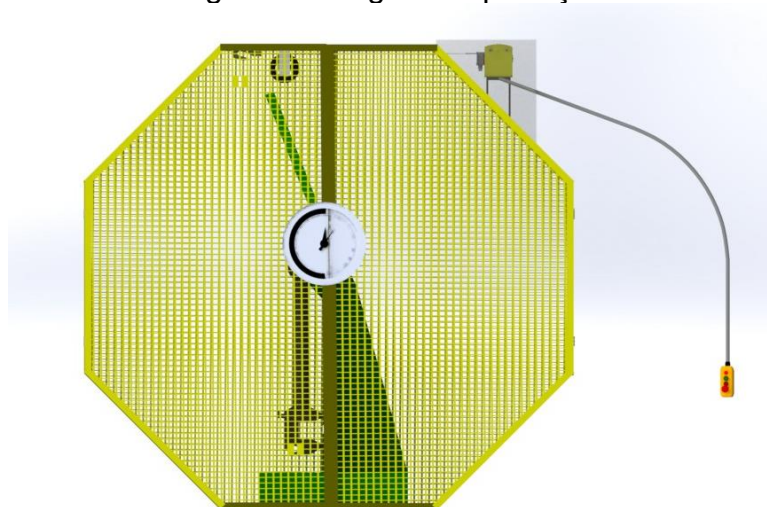
3.2.1. Projeto do sistema de proteção

Com base em uma análise de segurança realizada para o desenvolvimento do projeto foi proposto um sistema adequado com uma grade de proteção para o enclausuramento da máquina de Charpy. A proteção terá o formato octogonal, com comprimento de 2050mm e altura de 2370 mm, onde as bordas serão de cantoneira soldadas com grades de proteção de aço galvanizado, demonstrado na Figura 6. Essa etapa do projeto atende aos itens 12.38 e 12.38.1 da norma regulamentadora 12, aonde cita:

12.38. As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

12.38.1. A adoção de sistemas de segurança, em especial nas zonas de operação que apresentem perigo, deve considerar as características técnicas da máquina e do processo de trabalho e as medidas e alternativas técnicas existentes, de modo a atingir o nível necessário de segurança previsto nesta Norma.

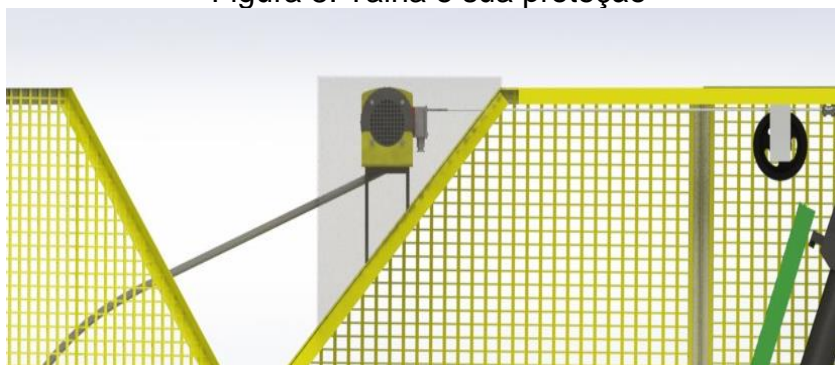
Figura 7: Imagem da proteção



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Foi realizada uma pesquisa no mercado para definição e aquisição de uma Talha Elétrica com capacidade de elevação de 100 kg a 200 kg, contendo 12 metros de comprimento do cabo de aço e 220 V. A talha estará posicionada na parte superior do sistema de proteção e com a direção voltada contra a queda do pêndulo. O cabo da calha, como especificação de alma de aço, 6x25 filler e com o diâmetro de 3,2 mm, terá um gancho posicionado em sua extremidade, passará por uma roldana e em seguida descerá até o pêndulo. A talha estará enclausurada por sistema de proteção para que não ocorra o contato com os operadores nem como o meio que for submetida, conforme ilustrado na Figura 7.

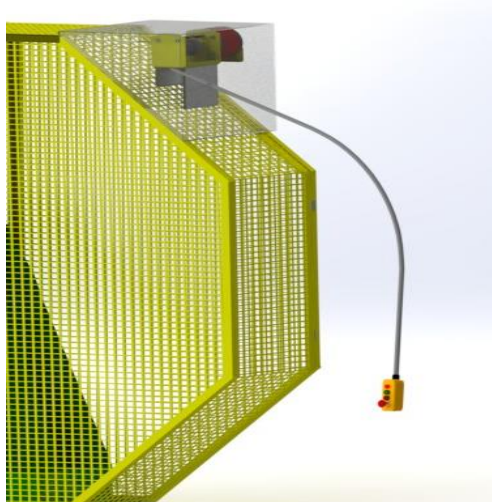
Figura 8: Talha e sua proteção



Fonte: elaborado pela autora (2020).

A talha será acionada por uma botoeira com seu cabeamento bem amplo para que o operador não tenha que exercer nenhum movimento brusco ou exercer muito esforço, conforme Figuras 8 e 9.

Figura 9: Cabeamento prolongado da botoeira



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 10: Botoeira



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Essas medidas detalhadas acima foram propostas baseados no item da norma regulamentadora 17: “17.2.1.1 Transporte manual de cargas designa todo transporte no qual o peso da carga é suportado inteiramente por um só trabalhador, compreendendo o levantamento e a deposição da carga.” Foi levado em consideração também as seções da norma:

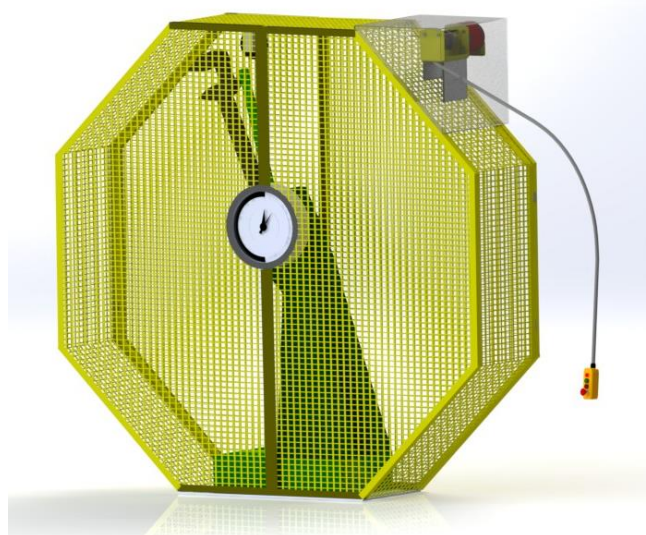
17.6.1 A organização do trabalho deve ser adequada às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.

17.6.2 A organização do trabalho, para efeito desta NR, deve levar em consideração, no mínimo:

- a) As normas de produção;
- b) O modo operatório;
- c) A exigência de tempo;
- d) A determinação do conteúdo de tempo;
- e) O ritmo de trabalho;
- f) O conteúdo das tarefas.

Na parte frontal do maquinário terá um furo central de raio 448,91mm, aonde se localizará a escala de leitura e poderá ser analisado sem interrupções por elementos que venham a interferir a visualização da mesma, como se pode analisar na Figura 10.

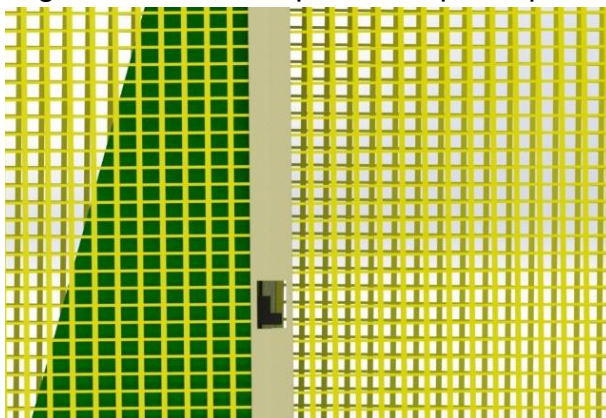
Figura 11: Furo central da escala de leitura



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A parte central inferior da grade de proteção terá um furo 40x40mm para o posicionamento do corpo de prova demonstrado na Figura 11. Essa ficará sempre aberta por conta de alguns ensaios serem realizados em ambientes com temperatura específica e seu tempo de realização deve ser o menor possível.

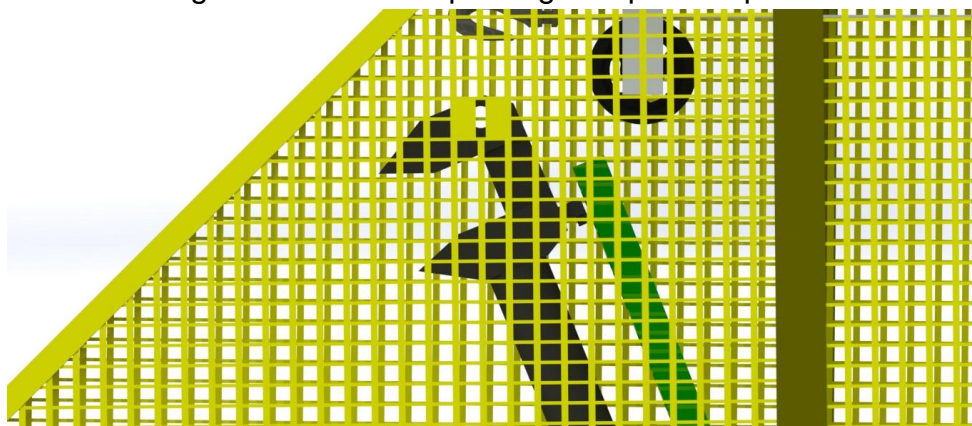
Figura 12: Abertura para o corpo de prova



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

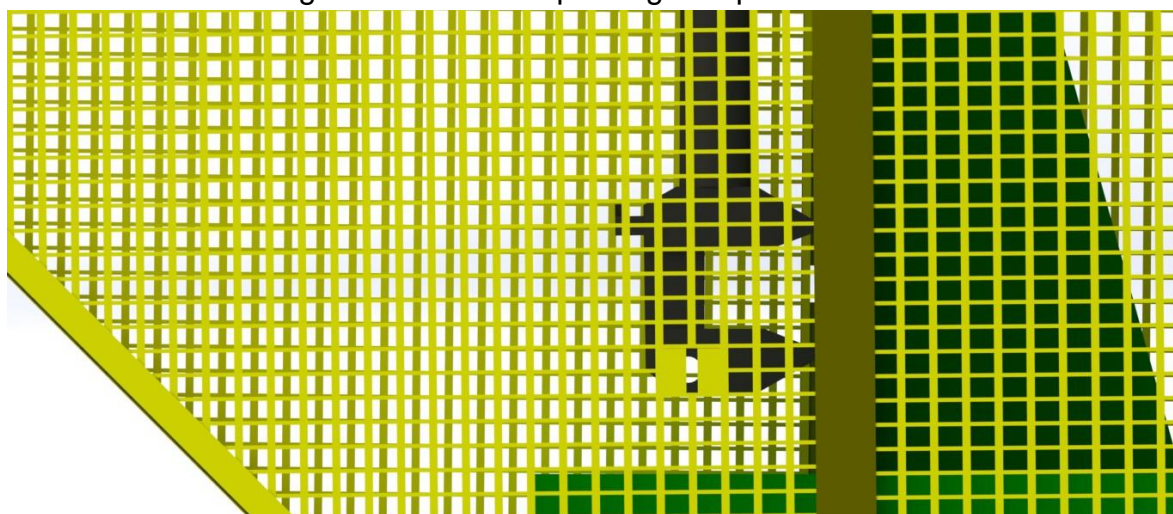
O sistema de proteção também conterá duas pequenas aberturas de 20x50mm para que se possa passar o prolongador para realizar o acoplamento da talha de forma que o operador possa se manter completamente fora do raio de ação, posicionados como se encontra nas Figuras 12 e 13.

Figura 13: Abertura prolongador parte superior



Fonte: Elaborado pela autora (2020).


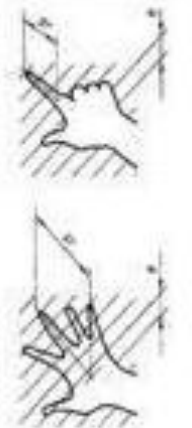
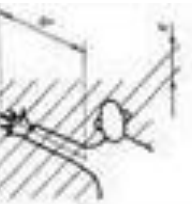
Figura 14: Abertura prolongador parte inferior



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O sistema possui todas as aberturas propostas de acordo com a NR 12 em seu anexo III - distância de segurança e requerimento para o uso de detectores de presença optoeletrônicos; onde cita no item “A) Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo quando utilizada barreira física” utilizando o Quadro 5 para demonstrar a utilização da mesma.

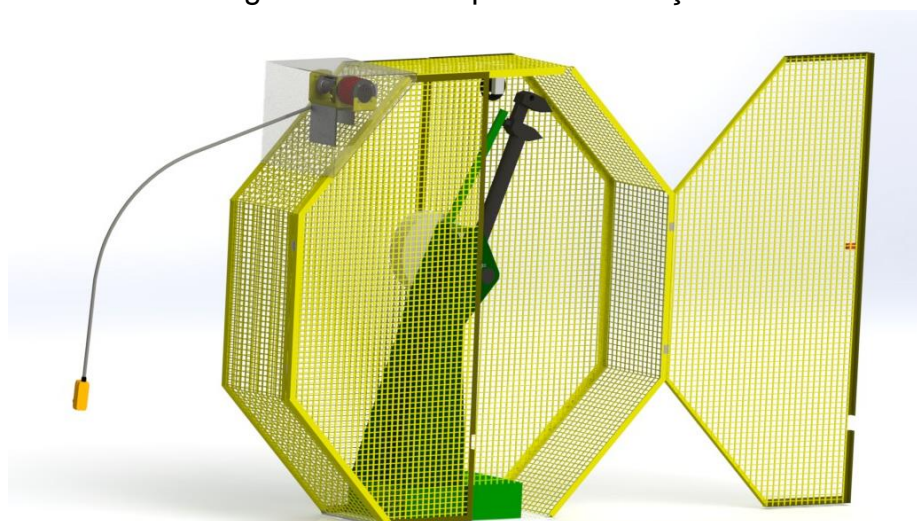
Quadro 5: Distâncias de segurança para impedir o acesso às zonas de perigo pelos membros superiores (dimensões em milímetros – mm)

Parte do corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança sr		
			Fenda	Quadrado	Circular
Ponta do dedo		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedo até a articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 20$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850	≥ 120	≥ 120
Braço até a junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850
<p>¹</p> <p>Se o comprimento da abertura em forma de fenda é ≤ 65 mm, o polegar atuara como um limitador e a distância de segurança pode ser reduzida para 200 mm</p>					

Fonte: ABNT NBRNM-ISO 13852 (2003) - Segurança de Máquinas - Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.

A parte traseira será dívida ao meio de modo a se formar duas portas e conterà duas dobradiças que servirão como porta para manutenção quando necessário, como detalhado na figura 14.

Figura 15: Portas para manutenção



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A porta terá um intertravamento, localizado como ilustrado pelas figuras 15 e 16, ligado diretamente com a talha elétrica e ao sensor indutivo de proximidade com distância de detecção de 4 mm, que informará quando o pêndulo estiver estático em seu ponto inicial, assim o sistema de intertravamento só irá destravar quando a talha estiver desenergizada e o pêndulo em seu ponto de inerte. Isso está em acordo com a norma regulamentadora 12 que declara nos itens 12.24, 12.25, 12.42 citados anteriormente, e temos também os itens 12.40.1,12.45,12.47.1:

12.24. Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) Não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) Possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) Impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qual outra forma acidental;
- d) Não acarretem riscos adicionais; e
- e) Não possam ser burlados.

12.25. Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.

12.40.1 Depois um comando de parada tiver sido iniciado pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme.

12.42. Para fins de aplicação desta norma, consideram-se dispositivos de segurança os componentes que por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, sendo classificados em:

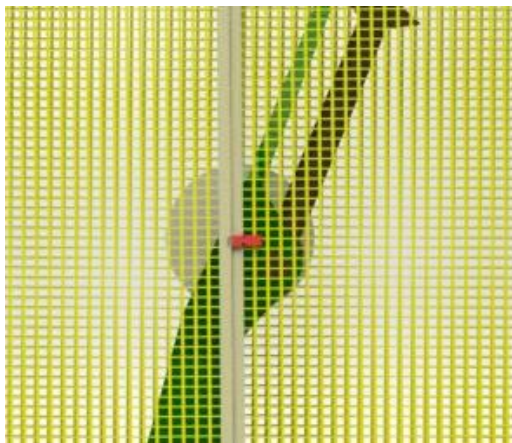
12.45. As máquinas e equipamentos dotados de proteção móveis associados a dispositivos de intertravamento devem:

- a) Operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
- b) Paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e

c) Garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início as funções perigosas.

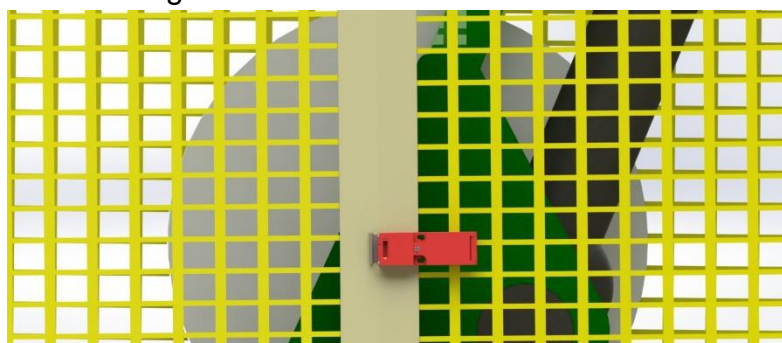
12.47.1. Quando utilizadas proteções móveis para o enclausuramento de transmissões de força que possuam inércia, devem ser utilizados dispositivos de intertravamento com bloqueio.

Figura 16: Posicionamento chave de intertravamento



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

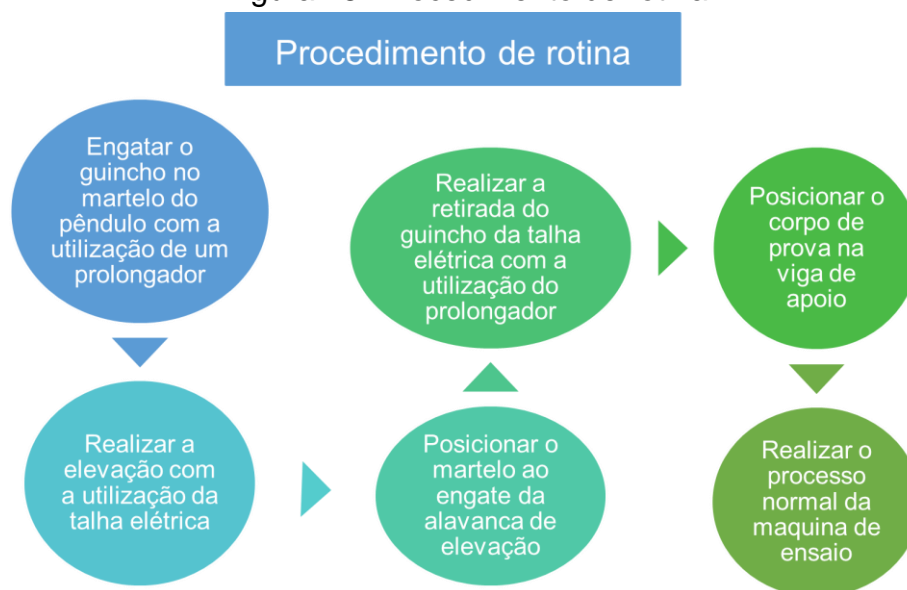
Figura 17: Chave de intertravamento



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Para melhorar o desempenho e auxiliar os operadores, foi realizado um procedimento de rotina para que se pudesse esclarecer melhor e treinar os envolvidos demonstrando como funcionaria o processo com esse novo sistema de segurança. O procedimento se encontra de forma bem simples e detalhada para melhor visualização na Figura 17.

Figura 18: Procedimento de rotina



Fonte: elaborado pela autora (2020).

Todo o projeto foi baseado, em sua maioria, em algumas normas regulamentadoras e ISO para trazer maior segurança e confiabilidade ao dispositivo. Assim com base na Norma regulamentadora 12, que se refere a máquinas e equipamentos novos e usados, foram dispostos alguns itens na qual o presente projeto se baseou como: “**12.48.** As máquinas e equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, devem possuir proteções que garantam a saúde e a segurança dos trabalhadores.”

3.3. Verificar (*Check*)

3.3.1. Resultados

Visando a relação custo-benefício, foram utilizados produtos no sistema de proteção que desempenhem com qualidade e eficiência o processo e com seu custo

mais acessível. Com isso se tornou possível através de uma análise da lista de itens necessários para a realização do projeto realizar o orçamento total de R\$ 2.710,96, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Orçamento do sistema de proteção

Orçamento	
Item	Valor
Grade de proteção	R\$ 1.500,00
Cantoneira	R\$ 229,00
Dobradiça	R\$ 82,48
Talha Guincho Elétrica	R\$ 469,00
Sensor Indutivo De Proximidade	R\$ 19,57
Chave De Intertravamento De Segurança	R\$ 230,00
Polia Alumínio A1 140mm	R\$ 31,69
Prolongador de braço mecânica	R\$ 30,00
Total:	R\$ 2.591,74

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Com base nas análises realizadas durante todo o processo de execução do projeto, verifica-se uma grande melhora exposta na matriz de criticidade da máquina conforme a norma regulamentadora 12. Foi possível reduzir o grau de risco do equipamento, que antes era de 5 para o grau de risco 2, com a colocação do sistema de segurança, como demonstrado nos Quadros 6 e 7, seguindo todos os parâmetros da norma e suas questões de criticidade, exposta nos Quadros 8, 9, 10, 11 e 12.

Quadro 6: Nível de risco antes da colocação do sistema de proteção no equipamento

MATRIZ CRITICIDADE NR 12

Item	Maquinas/ Equipamentos	Fonte de risco	Riscos identificados NBR 14280	GMP severidade	NP Nº de pessoas	FE Freq. de exposição	PO Prob. de ocorrências	Índice de risco GMP X NP X FE X PO	Nível de risco	Nível de risco do equipamento
34	MAQUINA PARA ENSAIO DE CHARPY	Martelo	Impacto sofrido por pessoa	100	5	3	2	3000	Nível 5	Nível 5
		projeção de material	Impacto sofrido por pessoa	10	5	3	2	300	Nível 3	

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Quadro 7: Nível de risco depois da colocação do sistema de proteção no equipamento

MATRIZ CRITICIDADE NR 12

Item	Maquinas/ Equipamentos	Fonte de risco	Riscos identificados NBR 14280	GMP severidade	NP Nº de pessoas	FE Freq. de exposição	PO Prob. de ocorrências	Índice de risco GMP X NP X FE X PO	Nível de risco	Nível de risco do equipamento
34	MAQUINA PARA ENSAIO DE CHARPY	Martelo	Impacto sofrido por pessoa	10	1	3	2	60	Nível 2	Nível 2
		Projeção de material	Impacto sofrido por pessoa	10	1	3	2	60	Nível 2	
		Talha elétrica	Impacto sofrido por pessoa	10	1	3	2	60	Nível 2	

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Quadro 8: Critérios para GMP

<u>GMP - SEVERIDADE</u>	
NOTA: O grau máximo de perda ou lesão que pode ser causado por conta da exposição.	
INDICE	DESCRIÇÃO
10	FERIMENTOS REVERSIVEIS
50	FERIMENTOS IRREVERSIVEIS
100	MORTE

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Quadro 9: Critério para NP

<u>NP - NUMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO</u>	
NOTA: O numero de pessoas é expostas ao perigo	
INDICE	DESCRIÇÃO
1	De 1 a 2 pessoas
5	De 3 a 10 pessoas
10	Acima de 10 pessoas

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Quadro 10: Critérios para FE

FE - FREQUENCIA DE EXPOSIÇÃO

NOTA: A frequência com que uma pessoa é exposta ao perigo

INDICE	DESCRIÇÃO
1	Maior que mensal
2	Mensal
3	Semanal
4	Diário (uma vez por jornada de trabalho)
5	Constante (mais de uma vez por jornada de trabalho)

Fonte: elaborado pela autora (2020).

Quadro 11: Critério para PO

PO - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIAS

NOTA: A probabilidade de ocorrência é a chance de contato com ou da exposição ao Perigo

INDICE	DESCRIÇÃO
0	Controle eficaz (Não pode acontecer)
2	Baixa (É concebível em circunstâncias externas)
5	Moderado (Não usual, mas poderia acontecer)
10	Alto (Esperado, não sendo surpresa que ocorra)
15	Muito alto (Não há dúvidas)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Quadro 12: Nível de risco de acordo com os índices de prioridades

NÍVEL DE RISCO - INDICADOR DE PRIORIDADE (GMP X NP X FE X PO)	
NOTA: Os riscos classificados de nível 3 a 5 deverão possuir um plano de ação	
ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0 ~ 50	Nível 1
51 ~ 200	Nível 2
201 ~ 500	Nível 3
501 ~ 2000	Nível 4
> 2001	Nível 5

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.4. Agir (Act)

Para a operação do projeto foi elaborado o plano da ação, demonstrado no Quadro 13, para padronizar as ações de controle posteriormente a implantação do sistema, demonstrando como cada atividade descrita no item "o que?" deve ser desempenhada.

Quadro 13: Aplicações da metodologia 5W2H

5W1H

Projeto	Proteção da máquina Charpy				
What? O que?	Why? Por que?	Who? Quem?	When? Quando?	Where? Onde?	How? Como?
Motor da Talha Elétrica	Para evitar danos	Técnico da área	De acordo com a especificação do fabricante	Oficina	Por meio de inspeção visual, sonora e funcional
Grade de proteção	Para evitar danos devido a corrosões, trincas, desgastes	Técnico da área	A cada 6 meses ou com a observação de falhas expostas	Na área que se situa a máquina	Realizando verificações do estado das grades; renovando pinturas da grade
Cabo de aço	Para evitar rompimento	Operador da máquina. Mecânico de manutenção	Antes de ser iniciada as atividades de cada operador	Na área que se situa a máquina	Todos os cabos de aço devem ser observados diariamente, antes do início da operação, quanto a deteriorações ou deformações
Dromo	Para evitar o funcionamento incorreto	Mecânico de manutenção	A cada 3 meses	Na área que se situa a máquina	Por meio de análise visual e sonora
Gancho	Para evitar a falha do mesmo	Operador da máquina Mecânico de manutenção	Antes de ser iniciada as atividades de cada operador	Na área que se situa a máquina	O olhal deve ser inspecionado diariamente para verificar a deformação do gancho

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4. CONCLUSÕES

A aplicação de um sistema de segurança em conformidade com as normas regulamentadoras e leis, apresentou um resultado positivo no desenvolvimento do projeto, principalmente em relação a preservação da saúde e até mesmo acidentes que poderiam vir acontecer com os colaboradores expostos a esse tipo de processo indevido na utilização do ensaio de Charpy. Com a análise de risco realizada antes e depois do processo de aplicação do sistema, pode-se perceber que com o devido sistema de segurança, o projeto conseguiu amenizar os riscos na qual antes se encontravam classificados pelo risco 5, aonde vem a ser o nível mais alto que se pode ser classificado, e após a sua colocação ocorreu uma diminuição drástica desses risco para a classificação de risco 2.

Com o desenvolvimento do presente estudo, foi possível verificar que os sistemas de segurança apresentados nos últimos anos apresentaram grande evolução, entretanto, a sua aplicação em equipamentos antigos requer uma análise muito detalhada do setor de engenharia para não alterar as suas funcionalidades. Com isso, consegue-se demonstrar melhores maneiras de aplicar sistemas de segurança com grande desenvolvimento nos processos do método de ensaio de Charpy que se encontravam de forma precária ou usualmente fora da conformidade imposta pelas normas de segurança da atualidade. Devido ao seu desenvolvimento, foi possível apresentar um projeto sem afetar seu método usual e trazendo consigo um custo benefício com a apresentação de um projeto que tenha eficiência e qualidade, com um custo apresentado de forma mais acessível sendo obtido em torno de R\$ 2.591,74 como apresentado no resultado do estudo, verificando que o preço de sua implantação se encontra bem inferior aos equipamentos novos que hoje se produzem no mercado.

Devido a metodologia aplicada durante o desenvolvimento do projeto, foi possível se deparar com um melhor desempenho no processo de produção, na otimizando da mão de obra, facilitando o seu manuseio, além de poder trazer maior conforto e segurança na utilização do equipamento, como podemos observar nos resultados que demonstram que as ações reduzirão a exposição aos riscos do trabalhador sem alteração substancial na produtividade do ensaio de forma negativa.

5. REFERÊNCIAS

ABDEL-FATAH, H. T. M. **ISSO/IEC 17025 accreditation: between the desired gains and the reality**”, *The Quality Assurance Journal*. Malden, v.13, 2010.

ABERGO - **A certificação do ergonomista brasileiro** - Editorial do Boletim 1/2000, Associação Brasileira de Ergonomia. 2000.

ALVES, Luiz Ferreira. **Trabalho de Conclusão de Curso – Aplicação da norma NR 12 para circuitos de segurança utilizando controladores lógicos programáveis e atuadores pneumáticos**. São Carlos/SP. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13852** - Distâncias de segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12100** -Segurança de máquinas - Princípios gerais de projeto - Redução de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR14009**- segurança de Máquinas- princípios de apreciação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASTM- American Society for Testing Materials. **ASTM E 1236** - *Standard Practice for Qualifying Charpy Impact Machines as Reference Machines: anual book of ASTM*, 1991.

ASTM- American Society for Testing Materials. **ASTM E 23-02a** - *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials In: anual book of ASTM*, 2002.

BRASIL. **Consolidação das Leis do Trabalho**. Decreto-Lei nº 5.452, de 01.mai.1943

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 06 – **Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 12 – **Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 17 – **Ergonomia**. 2018.

CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais - uma Introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2015

CALLISTER, William D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CAMPOS, Vicente F. **“Qualidade Total - padronização de empresas”**, QFCO, Minas Gerais. 1992.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

DOBROVOLSKI, Marlene; WITKOWSKI, Valkiria; ALAMANCZUK, Maurício João. **Segurança no trabalho: uso de EPI**. 2008. 4º Encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais.

Dul, J., Bruder, H., Bucle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W., Wilson, J., & Van der Doelen, B. (2012). **A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession**. Ergonomics

FALCONI, V. TQC: **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 256 p, 2014.

FALZON, P. **Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática**. In: FALZON, P. (Ed.). Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

FERREIRA, R. G. P., **Implementação e análise da ferramenta da qualidade assegurada “help line” de uma indústria automobilística**, DECA-UNITAU, Taubaté, 2003

FONSECA, A. V. M.; Miyake, D. I. **Uma análise sobre o ciclo PDCA como um método para solução de problemas de qualidade**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza. Anais eletrônicos. Fortaleza, 2006.

FRANZ, Lilian. **Estudo comparativo dos custos de prevenção e os custos dos acidentes de trabalho na construção civil**. 60 f. Monografia (bacharel em ciências contábeis) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime A; SANTOS, Carlos A; **Ensaio de Materiais**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2012.

GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

GONÇALVES, J. M. (2014). **Ação Ergonômica e Estratégias de Operações: proposta de integração na prática (Tese de doutorado)**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GROCHAU, I. H.; Ferreira, J. P.; CATEN, C. S. T., **Implementation of a quality management system in university test laboratories: a brief review and new proposals, Accreditation and Quality Assurance**. Berlin, v.15, 2010.

GROHMANN, Márcia Zampieri. **Segurança no trabalho através do uso de epi's: estudo de caso realizado na construção civil de Santa Maria**. 2002. Universidade Federal de Santa Maria -Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Maria, RS.

HARRINGTON, H.J.; KNIGHT, A. **A implementação da ISO 14000. Como atualizar o sistema de Gestão Ambiental com eficácia.** São Paulo: Atlas, 2001.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION'S. IEC 60812: *Analysis techniques for system reliability – procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).* Switzerland, 2006.

ISO/DIS 148-2- Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 2: Verification of testing machines. 2006,

KOBAYASHI, T., KIM, H. J. and MORITA, S. **Progress and Development in the Instrumented Charpy Impact Test,** Mat. – 2001.

MACHADO, L. G. **Aplicação da Metodologia PDCA: Etapa P (Plan) com Suporte das Ferramentas da Qualidade.** Trabalho de conclusão de curso – UFJF. Juiz de Fora - MG. Jan. 2007.

MAUAD, A.G.L. *ET AL.* **A utilização de ferramentas da qualidade como apoio na Gestão Baseada em Atividades (ABM).** IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil, 2005.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** 1 ed. Artliber, São Paulo, 2006.

NAKAGAWA, Marcelo. **5W2H – Plano de Ação para Empreendedores.** [S. l.]: Globo, 2008. 3 p. E-book.

NASCIMENTO, Ana Maria Almeida do; ROCHA, Cristiane Gama; SILVA, Marcos Eduardo; SILVA, Renata da; CARABETE, Roberto Wagner. **A Importância do Uso de Equipamentos de Proteção na Construção Civil.** 2009. TCC (Curso Técnico de Segurança do Trabalho) -Escola Técnica Estadual Martin Luther King, São Paulo – SP, 2009.

PALADINI, E.P. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002.

RAMOS, Paulo. **Análise do programa de prevenção de acidentes–e a viabilidade da aplicação direta na construção civil – estudo de caso**. 2009. TCC (Tcc em engenharia civil) -Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

REZENDE, D.A. **Engenharia de software e sistemas de informação**. 3ª Ed., Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

SCHEMERSAL. **Projeto Adequação NR12**, 2014.

SELEME, R.; STADLER, H. (2012). **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Intersaberes.

SILVA, Andrea Aparecida; LUCAS, Elaine Rosângela de Oliveira. **Abordagem ergonômica do ambiente de trabalho na percepção dos trabalhadores: estudo de caso em biblioteca universitária**. Revista ACB, Florianópolis, vol. 14, n. 2, 2009

SILVA, Marcos Pinheiro Barroso da. **Ambientes severos na construção de obras civis industriais**. 2009. 66 f. Monografia (bacharel em engenharia civil) –Universidade Federal de Sergipe –UFS, São Cristóvão, 2009.

SLACK, Nigel; JONES, Alistair Brandon; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2018. ISBN 978-85-97-01537-9. E-book.

SMITH, RICKY; HAWKINS, BRUCE. *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*. 1ª. ed. Burlington, MA: Elsevier Butterworth–Heinemann, 2004.

SOARES, Aurélio Batista. **Aplicação de ferramentas estatísticas para a avaliação da qualidade: O caso de uma fundição de médio porte situada na Alemanha**. 2007.

SOUZA, Sérgio A; **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1982.

TOFOLI, E.T.; SANTOS, A. R. P.; TÓFOLI, I.; SILVA, I. B. **Gestão de melhorias no gerenciamento matricial de receitas para um melhor desempenho**. Revista GEPROS, Bauru, ano 3, n. 2, p. 105-119, abr/jun. 2008

VEZZÁ, F., **Reflexões sobre a prática da consultoria em ergonomia (Dissertação de mestrado)**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: *Pearson Education Limited*, 2011.

WERKEMA, M. C. – **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2013.

WERKEMA, Maria Cristina – **FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS BÁSICAS DO LEAN SEIS SIGMA INTEGRADAS AO PDCA E DMAIC**. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2014.

WILLIAMS, M. L.; and ELLINGER, G. A., **Investigation of Fractured Steel Plates Removed from Welded Ships National Bureau of Standards Rep [S.I.]**, 1948.

WISNER, Allan. **A inteligência no trabalho: Textos escolhidos**. Fundacentro, São Paulo, 2003.