

ADEQUAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE TELHAS DE CONCRETO À NR-12: ESTUDO DE CASO EM UMA MONTADORA DE PAINÉIS ELÉTRICOS DO SUL DE SANTA CATARINA

Bruno Caetana Balduino¹

Wagner Fernandes Zeferino²

Resumo: A exposição aos riscos, inerentes do processo produtivo, está diretamente relacionada aos cuidados que visem minimizar as causas dos acidentes de trabalho. Comumente no Brasil e no mundo existem esforços que buscam promover a segurança nos ambientes industriais. Neste propósito, a Norma Regulamentadora número 12 (NR-12) foi definida pelo Ministério do Trabalho e Previdência (MTP) para determinar as condições mínimas de segurança para máquinas e equipamentos, com o intuito de diminuir os acidentes dos colaboradores que interagem com máquinas e equipamentos no processo de produção. Com isso, este trabalho tem por objetivo demonstrar a aplicabilidade desta norma e a utilização da famosa ferramenta de estimativas de risco Hazard Rating Number (HRN) para determinar os dispositivos para adequação de uma máquina de telhas de concreto. Com a utilização da normativa, a análise de risco levantou os dados necessários para adequação, e com a utilização dos dispositivos de relé de segurança da marca Schmersal foi possível realizar a adequação do painel. Todos os pontos que a norma expressa como condições de risco aos colaboradores, entraram assim em conformidade com a regulamentação, fazendo com que a máquina opere em alta produtividade e com segurança para os operadores.

Palavras-Chave: Norma Regulamentadora número 12. Acidente de trabalho. Análise de risco. *Hazard Rating Number*. Segurança operacional. Indústria.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de produção na indústria oferecem riscos que expõem os colaboradores em seu processo de trabalho. O aumento da automatização dos processos industriais mostrou ser uma boa aliada à velocidade da produtividade e qualidade nos produtos. Porém, de acordo com as estatísticas, o Brasil perde anualmente 4% do PIB com acidentes de trabalho, que equivalem a R\$ 264 Bilhões. (MTP, 2016).

¹ Graduando em Engenharia Elétrica. Ano 2023-1. E-mail: bruno_caetana@hotmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: wagner.zeferino@satc.edu.br

Sendo assim, é possível observar uma forte atenção à escala global com a elaboração de órgãos competentes, que são responsáveis por buscar alternativas para diminuir os casos de acidentes de trabalho. De acordo com os dados encontrados no Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT, 2021) foram registrados mais de 536 mil acidentes em 2021.

As indústrias, de modo geral, são as maiores causadoras de acidentes de trabalho, dos quais, os mais comuns são: queda de altura, choque elétrico, quedas de objetos, cortes, amputações de membros e fraturas.

Com objetivo de padronizar, fiscalizar e fornecer quesitos mínimos a respeito da saúde e segurança dos colaboradores, no dia 8 de julho de 1978, o Ministério do Trabalho e Previdência (MTP) aprovou a criação inicial de 28 Normas Regulamentadoras para diversas áreas produtivas. Atualmente, existem 37 Normas Regulamentadoras em vigor no país.

A Norma Regulamentadora Nº 12 foi criada com o intuito de tratar exclusivamente das condições mínimas necessárias para a garantir entregar ao trabalhador, ou seja, assegurar a saúde e integridade física durante sua jornada de trabalho.

A Hazard Rating Number (HRN) é uma famosa ferramenta utilizada para estimativas de riscos, qualitativa e quantitativamente, para auxiliar na tomada de decisões dos dispositivos a serem escolhidos para adequar máquinas e equipamentos buscando mais segurança no processo.

Com isso, este trabalho tem por objetivo demonstrar a metodologia envolvida na implementação do sistema de segurança exigido pela NR-12 em uma máquina utilizada para fabricar telhas de concreto e também no seu painel elétrico de controle. Portanto, devem ser realizados estudos e levantamentos de dados técnicos referentes aos dispositivos a serem utilizados que estejam em acordo à NR-12.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Automação industrial pode ser representada como formas de automatizar maquinários e processos que visam diminuir a interferência humana por meio de dispositivos eletromecânicos e eletrônicos, que podem ser programáveis e controláveis. Para isso, é de suma importância levar em consideração os diversos

benefícios dessa utilização, como: menores erros, eficiência, segurança, menores custos e maior velocidade de produtividade (SILVEIRA, 2003).

2.1 AUTOMAÇÃO

Segundo Júnior (2003), as vantagens de implementar sistemas automatizados dão às empresas maior competitividade e maiores participações de mercado, entre elas:

- Melhorias na qualidade dos produtos produzidos, pela precisão das máquinas;
- Diminuição do tempo de fabricação dos produtos;
- Dinamismo para criação de novos produtos;
- Diminuição no custo da mão de obra humana.

Para automatizar qualquer processo proveniente de máquinas, são necessários alguns equipamentos que se dedicam a realizar funções específicas no ambiente industrial.

Os controladores lógicos programáveis (CLP) são os componentes fundamentais de toda a automação industrial, responsáveis por substituir as formas obsoletas e ultrapassadas de controle que utilizam a aplicação de componentes eletromecânicos para executar tarefas lógicas. O CLP é o dispositivo eletrônico que usa de microprocessadores para realizar tarefas lógicas previamente de programações desenvolvidas nos seus softwares específicos (DE CAMARGO, 2013).

Outros equipamentos importantes na automação industrial são os sensores, que são dispositivos sensíveis a grandezas físicas do ambiente, usados para alimentar os circuitos elétricos de controle com informações que estão acontecendo diretamente nos sistemas controlados pelo painel principal (WENDLING, 2010).

Do mesmo modo, os transdutores são elementos que contém o sensor e um circuito de interface, a fim de transformar grandezas físicas como movimento, luminosidade, temperatura, entre outros, em sinais elétricos de tensão e corrente recebidos nas entradas dos controladores (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Em um ambiente industrial, o processo produtivo é composto por várias etapas em distintos setores e máquinas. E, para que isso seja possível, faz-se necessária a troca de dados e comunicação entre eles, buscando melhores níveis de controle e supervisão do processo (COSTA; LISBOA; SANTOS, 2003).

As redes de comunicações industriais podem ser classificadas como elos entre os cinco níveis hierárquicos da automação industrial.

Nível 1 – É composto por elementos do chão de fábrica como: sensores, transdutores e atuadores.

Nível 2 – Composto pelos equipamentos de leitura e processamento de dados da planta como: Controlador Lógico Programável (CLP) e Interface Home Máquina (IHM).

Nível 3 – É o nível que se encontra a supervisão e informação dos processos da planta.

Nível 4 – Trata-se do nível de programação e planejamento de produção da planta.

Nível 5 – Encarregado pela gerência para tomadas de decisões administrativas (BERTELLI, 2015).

2.2 SEGURANÇA NO TRABALHO

Segundo Diniz (2002), a segurança no trabalho pode ser exemplificada como a integração de medidas técnicas e administrativas que buscam fornecer os mínimos requisitos que um ambiente industrial necessita para assegurar a saúde e segurança aos trabalhadores que desempenham funções nas máquinas, devido a alguns tipos de riscos ou perigos, que podem provocar acidentes ou doenças ocupacionais.

Para Peixoto (2016), investimentos em segurança nas empresas são necessários e demonstram resultados positivos para os colaboradores, mas também para os próprios empresários, independentemente do porte.

Devido a preocupação com os números de acidentes envolvendo trabalhadores, medidas, leis, planos de conscientização foram todos criados com o objetivo de reduzir o número de acidentes, tendo em vista que muitos destes acidentes

podem ser evitados e que causam grandes prejuízos às empresas e sofrimento para os trabalhadores (SANTANA, Vilma, et al., 2006).

O Acidente de trabalho pode ser descrito como o evento que ocorre ao trabalhador e que resulte em lesão ou doença ocupacional. O artigo 2º da Lei nº 6.367, de 19 de outubro de 1976 descreve como:

Art. 2º Acidente do trabalho é aquele que ocorrer pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 1976).

Portanto, doença ocupacional ou doença do trabalho pode ser considerada de acordo com a Lei nº 8213/91, de 24 de julho de 1991, como:

Art. 20 Doença profissional, assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da respectiva relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social; [...] doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente, constante da relação mencionada no inciso I (BRASIL, 1991).

É possível perceber que a indústria cerâmica possui diversos riscos ocupacionais devido ao seu processo de manufatura, nos quais, os trabalhadores ficam expostos a máquinas, equipamentos e ambientes que possam lhes oferecer vários tipos de riscos. Em consequência disso, são necessários levantamentos para compreender estes riscos no ambiente industrial para eliminação deles (FIEMG, 2013).

De acordo com a Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Previdência de 1978 os riscos são classificados em 5 grupos:

- Riscos Físicos – verde;
- Riscos Químicos – vermelho;
- Riscos Biológicos – marrom;
- Riscos Ergonômicos – amarelo e
- Riscos Mecânicos ou de Acidentes – azul.

A Tabela 1 demonstra os principais riscos ocupacionais decorrentes da indústria cerâmica de acordo com a FIEMG (2013), que servem como fonte de dados para.

Tabela 1. Principais Riscos Ocupacionais da Indústria Cerâmica

| Tipos de Riscos | Agentes Ambientais | Fontes |
|------------------------|---|---|
| Físicos | Ruído, Vibração, Radiação Ionizante, Frio, Calor, Pressões Anormais, Umidade, | Fornos, Secadores, Motores, Sirenes, Raios solares. |
| Químicos | Poeiras, Fumos, Névoas, Neblina, Gases, Vapores, Substâncias compostas | Moagem, Misturas, Operações. |
| Biológicos | Vírus, Bactérias, Fungos, parasitas | |
| Acidentes | Iluminação Deficiente, Arranjo Físico Inadequado, Máquinas e Equipamentos sem proteção, Ferramentas inadequadas, Eletricidade | Correias transportadoras, Elevadores, Polias, Máquinas pesadas. |
| Ergonômicos | Esforço físico intenso, jornada de trabalho prolongada, Postura inadequada, Monotonia e repetitividade | Ambiente laboral, Classificação, Escolha de peças. |

Fonte: Adaptado de: FIEMG (2013).

2.3 NORMA REGULAMENTADORA Nº12

A Norma Regulamentadora 12 e os seus anexos trazem referências técnicas com o objetivo de propor medidas de segurança para garantir a saúde e integridade física dos trabalhadores em seus ambientes de trabalho, normatizando requisitos mínimos para prevenção de acidentes e doenças no trabalho, nas máquinas e equipamentos (BRASIL, 1978).

Conforme a NR 12, é de responsabilidade do empregador respeitar medidas de proteção que devem ser adotadas para o trabalho nas máquinas e equipamentos da sua empresa. É preciso cumprir a seguinte ordem dos requisitos: proteção coletiva, proteções administrativas e proteção individual (BRASIL, 1978).

- Proteção coletiva: corresponde à instalação de elementos físicos como grades e equipamentos eletrônicos de segurança que não permitam o acesso de pessoas nas zonas de risco;
- Proteções administrativas: correspondem aos treinamentos e capacitações fornecidos pela empresa aos colaboradores, periodicamente documentada;
- Proteção individual: corresponde ao fornecimento de equipamentos de proteção individual (EPI's), treinamentos para o uso desses equipamentos, e exigência e fiscalização.

2.4 NORMA REGULAMENTADORA Nº12 NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais aplicáveis.

Devem ser aterradas, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão.

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

Item 12.26: Quando forem utilizados dispositivos de acionamento do tipo comando bi manual, visando a manter as mãos do operador fora da zona de perigo, esses devem atender aos seguintes requisitos:

- Possuir atuação síncrona, ou seja, um sinal de saída deve ser gerado somente quando os dois dispositivos de atuação do comando forem atuados com um retardo de tempo menor ou igual a 0,5 segundos.
- Estar sob monitoramento automático por interface de segurança.
- Ter relação entre os sinais de entrada e saída, de modo que os sinais de entrada, aplicados a cada um dos dois dispositivos de atuação

devem juntos iniciar e manter o sinal de saída somente durante a aplicação dos sinais.

- O sinal de saída deve terminar quando houver desacionamento de qualquer dos dispositivos de atuação.
- Possuir dispositivos de atuação que exijam intenção do operador em acioná-los a fim de minimizar a probabilidade de acionamento acidental.
- Possuir distanciamento e barreiras entre os dispositivos de atuação para dificultar a burla do efeito de proteção.
- Tornar possível o reinício do sinal de saída somente após a desativação dos dois dispositivos de atuação.

(GOVERNO FEDERAL – NR12 2019).

2.5 HAZARD RATING NUMBER

A HRN é uma famosa ferramenta de estimativa de riscos, um método qualitativo e quantitativo que permite, de forma resumida, indicar prioridades na tomada de decisão para a seleção de dispositivos na aplicação de sistemas de segurança em máquinas e equipamentos. Deve-se aplicar a equação 1 abaixo para determinar o Número de Classificação do Perigo – HRN. (Künzel, 2019).

$$\text{Equação 1: } HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$$

Onde:

LO – Probabilidade de ocorrência

FE – Frequência de exposição

DPH – Grau de possível lesão

NP – Número de pessoas expostas ao risco

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta seção, serão apresentados os procedimentos realizados no estudo de caso, a fim de descrever as etapas empregadas para a adequação de um painel elétrico de comando e os dispositivos que serão instalados na máquina para

fabricação de telhas de concreto por uma empresa fabricante de painéis elétricos do sul do estado de Santa Catarina.

A atualização dos painéis elétricos e máquinas industriais obsoletos ou em não conformidade com as normativas de segurança vigentes atuais carecem de estudos preliminares e apontamentos de dados para realizar um projeto sólido e funcional, onde o objetivo principal é garantir a segurança dos trabalhadores das indústrias.

Este projeto trata-se de um painel elétrico de comando de uma máquina que fabrica telhas de concreto, sem atualização nos padrões de segurança, e que em sua construção original não oferecia os dispositivos de segurança que atendessem requisitos mínimos exigidos pela NR-12.

3.1 ETAPAS E PLANEJAMENTO DO PROJETO

O projeto tem por objetivo demonstrar detalhadamente todas as etapas e tomadas de decisão feitas para realizar a adequação de um painel elétrico de comando para uma máquina que fabrica telhas de concreto à Norma Regulamentadora N° 12. A Fig. 1 demonstra a máquina utilizada para o desenvolvimento deste trabalho antes da adequação.

Figura 1. Máquina de Telha de Concreto.

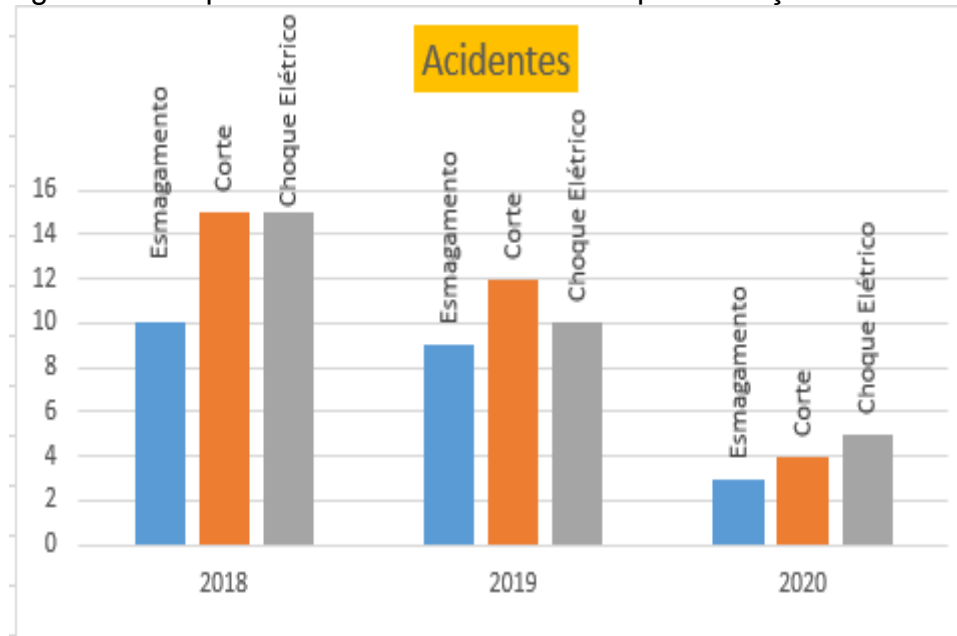


Fonte: Do autor (2022).

3.2 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS

Foi realizada uma pesquisa pelo departamento de segurança do trabalho da empresa nos clientes de todo Brasil que já possuem a máquina de telhas de concreto sem adequação a NR-12 para fonte de dados, onde o Fig. 2 apresenta os maiores tipos de acidentes registrados por essas empresas, sofrido pelos operadores no seu processo produtivo nos anos de 2018, 2019, e 2020:

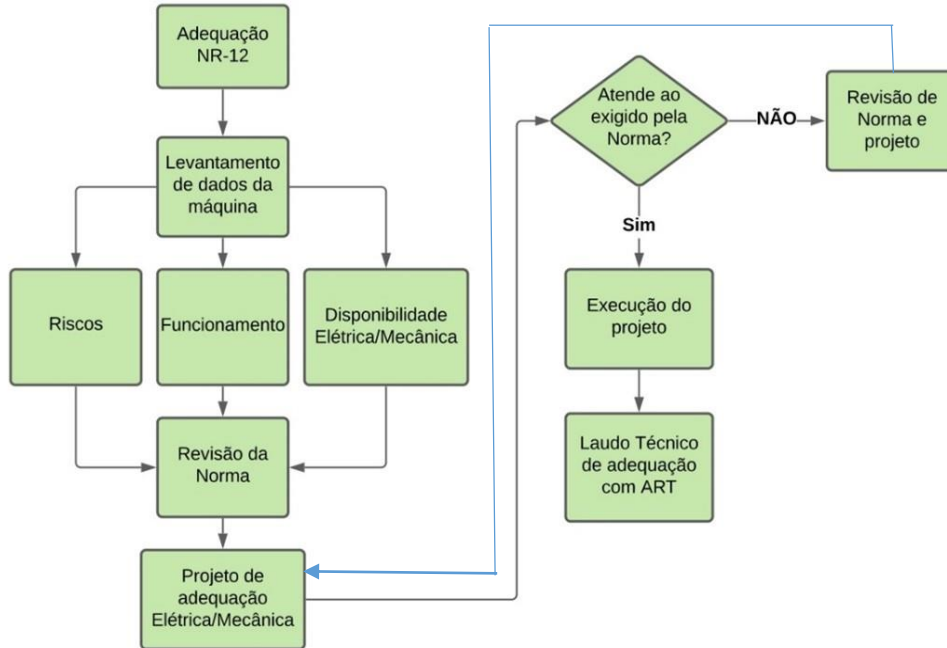
Figura 2. Pesquisa realizada em antes da implementação da NR-12.



Fonte: Do autor (2023).

Portanto para apresentar essas fases da metodologia de estudo, na Fig. 3 está representado o fluxograma utilizado para verificar os processos que foram necessários para a realização da adequação do projeto elétrico e painel de comando da máquina de telha de concreto sob a Normativa Regulamentadora 12, assim como suas partes mecânicas que a adequação ficou a cargo da empresa fabricante da máquina.

Figura 3. Fluxograma Adequação a NR-12.



Fonte: Do autor (2022).

A análise de riscos realizada demonstrou no seu laudo algumas inconformidades com a norma e os seguintes riscos:

1. Perigos elétricos por contato de pessoas (contato direto) com partes energizadas da máquina, por qualquer pessoa, podendo ocasionar choque elétrico ou queimaduras elétricas.

Sistema de segurança implantado:

- Máquina aterrada e
- Armário elétrico fechado.

2. Perigos mecânicos pela exposição de pessoas aos riscos do manipulador do pneumático, podendo ocasionar:

- Lesões;
- Corte ou mutilação;
- Perfuração;
- Esmagamento;
- Impacto.

Sistema de Segurança Implantado:

- Sensores e Atuadores de Segurança nas proteções;
- Botoeiras de Emergência de Segurança.

A Fig. 4 abaixo apresenta os operadores atuando na máquina e mostra a exposição aos perigos elétricos e mecânicos:

Figura 4. Operadores expostos aos riscos da máquina.



Fonte: Do autor (2022).

Os itens a serem avaliados, de acordo com a NR-12, são:

A probabilidade de ocorrência, que deve ser avaliada (Tab. 2);

A frequência de exposição ao perigo, que deve ser avaliada (Tab. 3);

O grau de possível lesão, ou seja, a gravidade do dano em decorrência ao perigo avaliado (Tab. 4);

O número de pessoas expostas ao risco (Tab. 5);

Tabela 2. Probabilidade de Ocorrência do Dano

| Probabilidade de Ocorrência do Dano (LO) | | |
|--|----------------------|---|
| 0,03 | Quase impossível | Pode ocorrer em circunstâncias extremas |
| 1 | Altamente improvável | Mas pode ocorrer |
| 1,5 | Improvável | Embora concebível |
| 2 | Possível | Mas não usual |
| 5 | Alguma chance | Pode acontecer |
| 8 | Provável | Sem surpresas |
| 10 | Muito provável | Esperado |
| 15 | Certo | Sem dúvida |

Fonte: HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade.

Tabela 3. Frequência de Exposição

| Frequência de Exposição (FE): | |
|-------------------------------|-------------------|
| 0,5 | Anualmente |
| 1 | Mensalmente |
| 1,5 | Semanalmente |
| 2,5 | Diariamente |
| 4 | Em termos de hora |
| 5 | Constantemente |

Fonte: HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade.

Tabela 4. Grau da Possível Lesão

| Gravidade de Possível Lesão (DPH) | |
|-----------------------------------|---|
| 0,1 | Arranhão / Contusão / Escoriação |
| 0,5 | Laceração / Corte / Efeito leve na saúde |
| 1 | Fratura - ossos menores ou doença leve (temporária) |
| 2 | Fratura grave nos ossos da mão, braços ou pernas |
| 4 | Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou dedos dos pés |
| 8 | Perda de 2 membros / olhos ou doença grave (irreversível) |
| 10 | Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos |
| 12 | Enfermidade permanente ou crítica |
| 15 | Fatalidade |

Fonte: HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade.

Tabela 5. Número de Pessoas Expostas ao Risco.

| Número de Pessoas Expostas (NP): | |
|----------------------------------|--------------------|
| 1 | 1 - 2 Pessoas |
| 2 | 3 - 7 Pessoas |
| 4 | 8 - 15 Pessoas |
| 8 | 16 - 50 Pessoas |
| 12 | Mais de 50 pessoas |

Fonte: HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade.

Após ser encontrado o fator multiplicativo de cada item descrito acima conforme a normativa, deve-se aplicar a fórmula a abaixo para determinar o Número de Classificação do Perigo – HRN, conforme a Tab. 6.

$$\text{HRN} = \text{LO} \times \text{FE} \times \text{DPH} \times \text{NP}$$

Tabela 6. Classificação HRN.

| HRN | RISCO | AVALIAÇÃO |
|----------------|--------------|---|
| 0 a 1 | Aceitável | Considerar possíveis ações. Manter medidas de proteção |
| 1 a 5 | Muito Baixo | |
| 5 a 10 | Baixo | Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares |
| 10 a 50 | Significante | |
| 50 a 100 | Alto | Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança |
| 100 a 500 | Muito alto | |
| 500 a 1000 | Extremo | Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco |
| Maior que 1000 | Inaceitável | Interromper a atividade até a eliminação ou redução do risco |

Fonte: HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade.

O resultado obtido, então, é comparado com descrito na Tab. 6, que irá determinar o grau de riscos de cada perigo identificado na máquina pelo autor, conforme Tab. 7:

Tabela 7. Classificação de risco da Máquina de telha:

| Tipo de Risco | Probabilidade de ocorrência (PO) | Frequência de exposição (FE) | Grau de possível lesão (GPL) | Número pessoas Expostas (NP) | HRN | Classificação de risco |
|--|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----|------------------------|
| Perigo Elétrico: Choque Elétrico, Queimaduras. | 2 | 5 | 0,5 | 1 | 5 | Muito Baixo |
| | Possível | Constantemente | Laceração / Corte / Efeito leve | 1-2 Pessoas | | |
| Perigo Mecânico: Lâmina cortante, Esmagamento. | 8 | 5 | 12 | 1 | 480 | Muito Alto |
| | Provável | Constantemente | Enfermidade | 1-2 Pessoas | | |

Fonte: Do autor (2023)

3.3 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

O plano de ação destacado no relatório foram os seguintes:

- Implantar proteções, juntamente com sensores de segurança nas aberturas das tampas da máquina, impedindo por todos os lados, o acesso aos movimentos de riscos do equipamento.

- Adequar os dispositivos de paradas de emergências, com redundância nos sinais de entrada e monitoramento e após a ocorrência de algum evento, o rearme manual deve ser requerido.

Após as sugestões cabíveis no projeto, a empresa buscou realizar o levantamento de custos para a execução desta adequação na máquina para fabricação de telhas de concreto.

O orçamento dos dispositivos utilizados foi realizado em algumas lojas de materiais elétricos da região sul de Santa Catarina, porém com ênfase nos equipamentos eletrônicos voltados para NR 12 conforme a Tab. 8:

Tabela 8. Levantamento de custos.

| Custos para adequação NR 12 | |
|------------------------------------|----------------------|
| Serviço | Valor |
| Projeto Elétrico | R\$ 3.000,00 |
| Materiais elétricos | R\$ 10.800,00 |
| Instalação e mão de obra | R\$ 5.000,00 |
| Total | R\$ 18.800,00 |

Fonte: Do autor (2022).

Para a execução deste serviço os valores acordados foram de R\$ 18.800,00

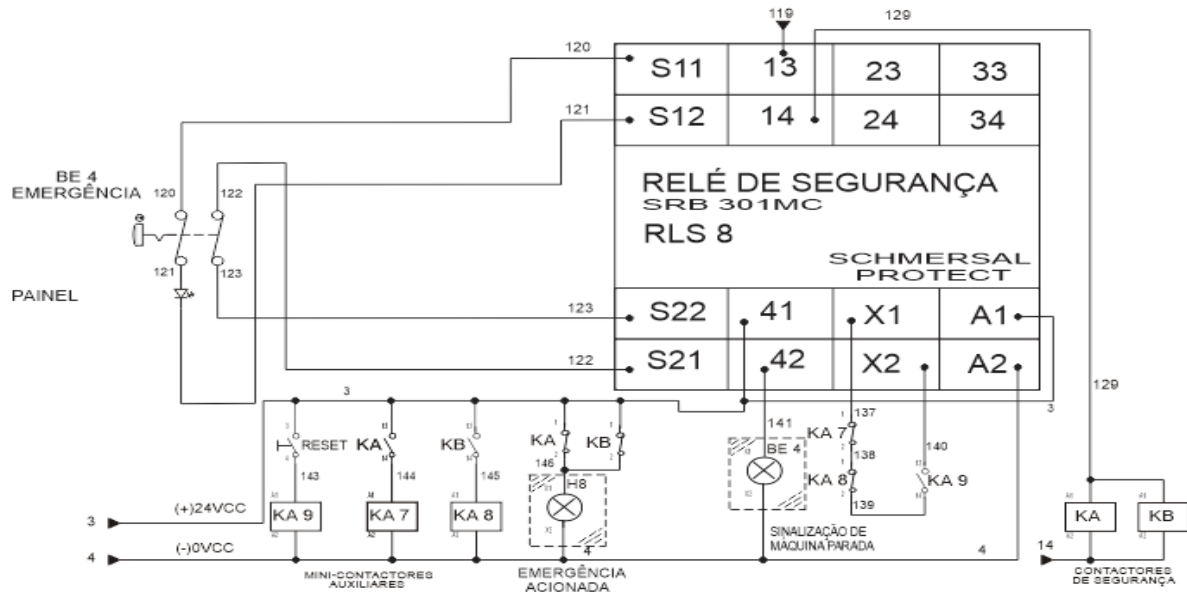
3.4 MONTAGEM E COMISSIONAMENTO

Foi desenvolvido um projeto elétrico para implementação desse sistema, com objetivo de atender os itens 12.25 e 12.26 da NR-12, também visando estar dentro dos requisitos da normativa, por acionamento das botoeiras de emergência e dos sensores de segurança.

Conforme NR-12, o projeto também foi responsável por contemplar o aterramento das partes metálicas do painel elétrico de comando e da carenagem da máquina de telha de concreto. Também contemplou o aterramento das correias transportadoras, que são áreas onde os trabalhadores atuam continuamente.

A Fig. 5 abaixo representa uma parte do comando elétrico que foi projetado para atender as necessidades da adequação:

Figura 5. Linhas do projeto elétrico.



Fonte: Do autor (2022).

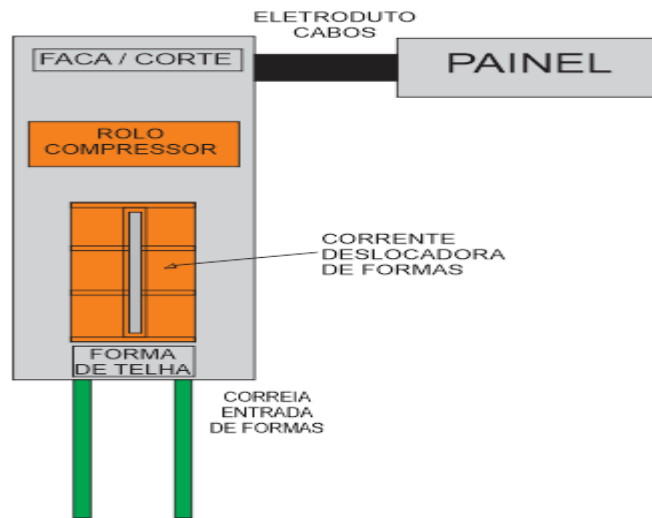
Por se tratar de um equipamento que está sendo comercializado, o projeto elétrico de comando se encontra em sigilo por opção da empresa autora do painel, sendo que, a região do fabricante é o sul de Santa Catarina e pode haver concorrência. É um projeto muito antigo que foi passando de geração em geração, até chegar nesta adequação para NR-12.

As modificações elétricas necessárias como: colocação dos dispositivos no sistema elétrico de comando para o funcionamento do sistema de segurança e da máquina, passagem de cabos, fixação de sensores e adequações internas nos painéis elétricos foram feitas pela empresa fabricante de painéis elétricos que também é especializada em montagens.

3.5 PLANTA BAIXA DO EQUIPAMENTO

Para realizar o relatório de análise de riscos de máquinas e equipamentos foi necessário desenvolver um breve layout em 2D do equipamento para facilitar a visualização espacial da máquina. Inicialmente a máquina era desprovida de proteções físicas que impossibilitassem a entrada de indivíduos nas zonas de risco do equipamento. A Fig. 6 demonstra o layout de como se encontrava a máquina de telhas antes da adequação.

Figura 6. Layout inicial máquina de telhas.



Fonte: Do autor (2022).

3.6 MATERIAIS UTILIZADOS

Diante do estudo de adequação técnica realizado informando os riscos que a máquina não adequada estava oferecendo, foi buscado junto a fornecedores e empresas parceiras equipamentos de segurança ideais para a adequação necessária.

Para a elaboração desta adequação foi necessário utilizar os equipamentos homologados como SAFETY, que são equipamentos voltados exclusivamente para sistemas de segurança. Este projeto conta com 8 relés eletrônicos de segurança SCHMERSAL modelo SRB 301MC-24V, 4 sensores de magnéticos SCHMERSAL modelo BNS 36-02Z-R (emissor) e BPS 36-1 (receptor) e 4 botoeiras de emergência SCHMERSAL modelo CLE2 40/03 + 2CLP101.

Os materiais foram escolhidos, pois todos eles são homologados tecnicamente de acordo com a NR-12, sendo que a fabricante SCHMERSAL é uma empresa alemã referência em dispositivos eletrônicos, atendendo o item 12.26 da NR-12, com retardo de tempo de atuação menor ou igual a 0,5 segundos.

A Fig. 7 abaixo apresenta as especificações do relé de segurança, conforme as informações disponibilizadas pelo fabricante, que foram fundamentais na escolha dos materiais utilizados na adequação:

Figura 7. Tempos de atuação do relé de segurança.

| SRB 301MC SRB 301MC-ST | |
|---|--|
| 2.4 Dados técnicos | |
| Propriedades gerais: | |
| Instruções: | EN 60204-1, IEC 60947-5-1; ISO 13849-1, IEC 61508 |
| Esforços de origem climática: | EN 60068-2-78 |
| Fixação: | Fixação rápida para perfil normalizado segundo a EN 60715 |
| Designação da ligação: | IEC 60947-1 |
| Material do invólucro: | plástico, termoplástico reforçado com fibra de vidro, ventilado |
| Material dos contatos: | AgSnO, autolimpante, de condução positiva |
| Peso: | 230 g |
| Condições de rearme: | Automático ou botão de rearme |
| Circuito de retorno (S/N): | Sim |
| Tempo de atraso para rearme automático: | tip. 100 ms, máx. 160 ms |
| Tempo de atraso para botão de rearme: | normalmente 15 ms, máx. 20 ms |
| Desarme retardado em caso de PARADA DE EMERGÊNCIA: | tip. 20 ms, máx. 25 ms |

Fonte: (SCHMERSAL, 2022).

O tempo de retardo para desarme em caso de parada de emergência é de no máximo 0,025 segundos, ou seja, dentro do requisitado pela NR-12.

A fabricante do painel elétrico já havia realizado outros projetos com os equipamentos eletrônicos da SCHMERSAL e o grau de defeito desses dispositivos é muito baixo, visto que a máquina de telha de concreto é enviada para diversos estados do Brasil, sendo transportada via caminhão, onde pode ocorrer quedas e batidas decorrentes de buracos nas estradas, ou mudança de direção.

Também foi utilizado do fato de o representante comercial da fabricante SCHMERSAL da região sul de Santa Catarina ter realizado uma visita técnica e apresentado os dispositivos que seriam de menor custo e eficácia ao objetivo do projeto.

3.7 AUTOMAÇÃO DO SISTEMA

Para a automação elétrica do sistema de segurança, os relés de segurança ficam encarregados de monitorar o status de cada sensor e botoeira instalada na máquina, tendo em vista as necessidades operacionais do equipamento de permitir o

acesso a partes críticas móveis de atuação da máquina para o processo de manutenção ou limpeza.

A Fig. 8 abaixo apresenta mais dados elétricos do relé de segurança utilizado na adequação, conforme o fabricante:

Figura 8. Folha de dados elétricos do relé de segurança.

| Dados elétricos: | |
|---|---|
| Resistência de contato em estado novo: | máx. 100 mΩ |
| Consumo de potência: | máx. 2,0 W / 4,9 VA |
| Tensão de operação projetada U_o : | 24 VDC -15% / +20%, ondulação residual máx. 10%, 24 VAC -15% / +10% |
| Faixa de frequência: | 50 Hz / 60 Hz |
| Proteção da tensão de operação: | Fusível eletrônico interno, corrente de disparo > 500 mA, reset aprox. 1 seg. |
| Supervisão ou controle das entradas: | |
| Deteção de curto circuitos (S/N): | Sim |
| Deteção de ruptura do cabo (S/N): | Sim |
| Deteção de fuga à terra (S/N): | Sim |
| Número de contatos NA: | 0 |
| Número de contatos NF: | 2 |
| Comprimento dos cabos: | 1.500 m com 1,5 mm ² 2.500 m com 2,5 mm ² |
| Resistência do condutor: | máx. 40 Ω |

Fonte: (SCHMERSAL, 2022).

Dotado de um par de sensores sendo um emissor e outro receptor esse conjunto é capaz de identificar quaisquer movimentos de abertura de tampas e caso sejam afastados interrompendo seu fluxo magnético de proximidade, a desenergização do circuito acontece de forma imediata, resultando na parada da máquina de telhas, conforme abaixo sob os dados apresentados pela Fig. 9:

Figura 9. Elementos dos sensores.

| | |
|--|---|
| Elemento de atuação | Ímã |
| Direção de instalação | Porta a esquerda ou a direita |
| Distância segura do dispositivo para ligar SPEZ -2750 | 7 mm 10 mm |
| Distância segura do dispositivo para desligar SPEZ -2750 | 17 mm 20 mm |
| Direção do movimento | Desnível axial, sensor de segurança e o atuador toleram um deslocamento b horizontal e vertical entre si. O deslocamento possível depende da distância das superfícies ativas do sensor e do atuador. Dentro da gama de tolerância o sensor está ativo. |

Fonte: (SCHMERSAL 2022).

Segundo o fabricante, a distância máxima para interrupção do fluxo magnético dos sensores é de 7 milímetros, ou seja, se os atuadores forem afastados acima desse valor o fluxo magnético é interrompido e o sinal para o relé de monitoramento de segurança é informado para desligar a máquina de telhas imediatamente.

Três botoeiras de emergência foram colocadas ao entorno da máquina para o operador utilizar se acaso necessário. Quando acionadas, elas retiram a alimentação do circuito de comando imediatamente, permitindo o rearme somente após acionado o botão de rearme manual.

Outro dispositivo previsto na adequação foi o botão pulsante de rearme manual do sistema de segurança, que se encontra no painel elétrico principal e tem a função de reinicializar a máquina após alguma intervenção de segurança.

A Tab. 9 abaixo descreve os principais materiais utilizados para adequação do painel elétrico de comando:

Tabela 9. Materiais utilizados:

| Dispositivos para adequação NR 12 | |
|--|-------------------|
| Descrição | Quantidade |
| Relé de Segurança SRB 301MC-24V | 8 |
| Emissores BNS 36-02Z-R | 4 |
| Receptores BPS 36-1 CLE2 40/03 + 2CLP101 | 4 |
| Botão rearme | 1 |
| Botoeiras de Emergência | 4 |

Fonte: Do autor (2022).

3.8 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

Sistemas de segurança em máquinas tem como principal objetivo fornecer ao trabalhador que interage com a máquina a redução dos riscos de acidentes. Foi possível analisar riscos como: trancamento de membros em polias e correias, poeiras decorrentes do ambiente industrial e do material que é feito a massa das telhas de concreto.

Também foi possível verificar o risco de choque elétrico, se acaso o operador entrar em contato com os cabos que fornecem energia para todo o

equipamento, e outros riscos envolvendo partes móveis da máquina, como a faca que faz o corte do tamanho da telha e o rolo compressor da massa.

Basicamente, esta máquina consiste em uma plataforma giratória para acomodar formas de alumínio para telhas de concreto, onde o concreto vem de um misturador que se encontra em outra planta da indústria, mas que corresponde à outra parte essencial da máquina como um todo.

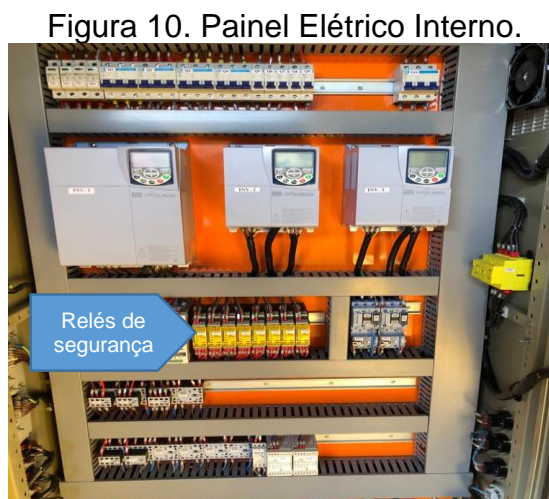
Após os materiais misturados, ele é transportado por uma correia que traz a massa de concreto até um funil que despeja o material em cima do rolo compressor de massa. Abaixo do rolo se encontra a forma da telha que veio de outra correia transportadora. Portanto a massa acaba por cair sobre as formas de maneira igual em todas elas.

Logo em seguida, as formas são separadas uma a uma por um dispositivo mecânico pneumático que possui uma faca conectada à sua ponta, no formato exato do tamanho da telha projetada pela fábrica.

Esse equipamento possui a função de cortar a massa de concreto acima da forma. Após isso, as formas são empurradas para uma correia transportadora que levará as formas com o concreto já no formato ideal para as estufas na empresa fabricante de telha para a secagem do material.

Para a adequação a Norma Regulamentadora 12 foi utilizado grades que bloqueiam a exposição de pessoas a zonas de risco da máquina.

A Fig. 10 abaixo apresenta os relés de segurança instalados no painel elétrico de comando:



Fonte: Do autor (2022).

A segurança do operador então é realizada através de todos esses equipamentos conectados e projetados para o desligamento da máquina caso ocorra alguma interrupção de sinal elétrico para os relés monitoradores de segurança.

A Fig. 11 abaixo apresenta a parte externa do painel elétrico de comando após as adequações, com a instalação da botoeira de rearme manual, sinalização de segurança e tomadas externas, além do botão de emergência monitorado por relé:

Figura 11. Painel Elétrico Externo.



Fonte: Do autor (2022).

A adequação da máquina de telhas de concreto para a NR-12 foi organizada para ser realizada em menor tempo possível para a agilidade na entrega, observando a qualidade da execução. O tempo de trabalho realizado é apresentado conforme a Tab. 10 abaixo:

Tabela 10: Trabalho realizado.

| Horas para adequação NR 12 | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Dias | Horas |
| Orçamento e Aquisição das peças | 8 |
| Primeiro dia / Projeto | 8 |
| Segundo dia / Mudança no Painel | 8 |
| Terceiro dia / Instalações na Máquina | 8 |
| Testes práticos | 4 |
| Total | 36 horas |

Fonte: Do autor (2022).

4 RESULTADOS

A importância da diminuição de acidentes de trabalho é fundamental para o aumento da capacidade produtiva das empresas e do crescimento econômico do país, bem como a elevação da qualidade de vida das pessoas, principalmente dos operadores de máquinas e equipamentos.

Com o acionamento dos relés de segurança em 0,020 segundos, abaixo dos 0,5 segundos estabelecido como tempo de retardo limite pela NR-12, o desarme foi instantâneo e a máquina de telha de concreto se tornou muito mais segura para o trabalho dos operadores.

O atendimento dos requisitos da Norma Regulamentadora Nº 12 foram o norteamento de todo o trabalho, a fim de assegurar que a máquina se encontrasse dentro dos níveis ideais para a classificação de baixo risco do equipamento, conforme a ferramenta HRN, onde após as implementações foi possível considerar a máquina de telhas de concreto aceitável para o trabalho, conforme a Tab. 11:

Tabela 11. Classificação de risco da Máquina de telha após implementação:

| Tipo de Risco | Probabilidade de ocorrência (PO) | Frequência de exposição (FE) | Grau de possível lesão (GPL) | Número pessoas Expostas (NP) | HRN | Classificação de risco |
|--|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|------------------------|
| Perigo Elétrico: Choque Elétrico, Queimaduras. | 1,5 | 5 | 0,1 | 1 | 0,75 | Aceitável |
| | Improvável | Constantemente | Arranhão / Contusão | 1-2 Pessoas | | |
| Perigo Mecânico: Lâmina cortante, Esmagamento. | 1,5 | 5 | 0,1 | 1 | 0,75 | Aceitável |
| | Improvável | Constantemente | Arranhão / Contusão | 1-2 Pessoas | | |

Fonte: Do autor (2023)

A Fig. 12 apresenta a máquina de telhas de concreto após as adequações realizadas pela fabricante da máquina, onde foram implementados grades e tampas de proteção para impedimento de acesso as áreas de risco, conforme abaixo:

Figura 12. Máquina finalizada após implementação de NR-12.



Fonte: Do autor (2022).

4.1 TESTES PRÁTICOS

Os testes comprovaram a eficácia do método, atendendo ao item 12.26 da Norma Regulamentadora Nº 12, ou seja, atuação em tempo menor ou igual a 0,5 segundos. As botoeiras de emergência permitiram o acionamento dos relés de segurança, e mesmo quando elas foram liberadas, a máquina permaneceu desligada, atendendo o item 12.25 de não religar automaticamente.

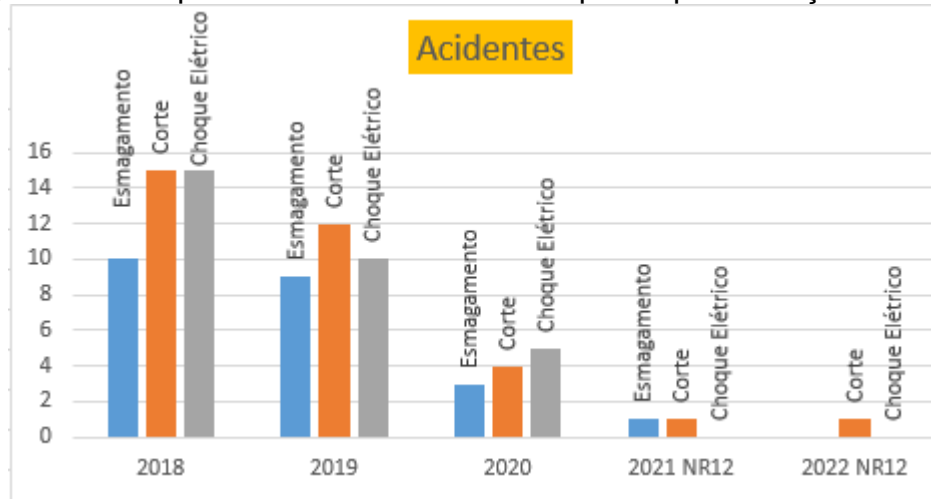
Com a abertura das tampas de proteção das partes que fazem o movimento das formas de telha, os sensores de segurança desligaram a máquina imediatamente, impossibilitando o movimento de partes móveis. Somente foi possível colocar a máquina de telhas de concreto em pleno funcionamento após o fechamento de todas as tampas protetoras do equipamento e após o acionamento do botão “reset” de rearme manual.

Foi realizada uma nova pesquisa com os clientes que adquiriram a adequação a NR-12 e fizeram a instalação dos dispositivos elétricos e mecânicos em suas máquinas para detectar o número de acidentes ocorridos em comparação com os anos anteriores, verificando a diferença das proteções na máquina de telha.

Os registros dos anos anteriores levaram em consideração que a maioria das máquinas não possuíam proteção, e também por conta da pandemia os treinamentos de segurança foram intensificados. Então após as adequações foi constatada uma redução de 66,6% no número de esmagamentos, 75% no número de

cortes e 100% no número choques elétricos sofridos por empregados, em comparação com o ano de 2020, após as adequações da NR-12, conforme a Fig. 13:

Figura 13. Pesquisa realizada em clientes após implementação de NR-12.



Fonte: Do autor (2023).

5 CONCLUSÃO

A adequação da máquina de telhas de concreto e do painel elétrico de comando pode continuar, mesmo após as mudanças, trabalhando de forma funcional e ambos os equipamentos atenderam aos requisitos da Norma Regulamentadora 12.

Os equipamentos ofereceram segurança aos colaboradores envolvidos diretamente com o processo, mas também trouxe tranquilidade ao cliente que compra o maquinário e é o empregador direto e pode estar garantido no âmbito de controle e diminuição dos acidentes de trabalho dentro de sua empresa.

Também é importante ressaltar que o custo de um funcionário acidentado envolve diversos fatores que podem ocasionar em um processo judicial para empresa, para o dono, ou para até mesmo o fabricante da máquina, trazendo custos jurídicos, hospitalares, e podendo acarretar em multa ou até mesmo em um processo criminal, onde todas as partes podem sair lesadas.

A alta produtividade e velocidade de produção do maquinário manteve-se mesmo com a implementação da normativa, ou seja, a fábrica continua produzindo o produto final com a mesma eficácia, e proporcionando segurança aos empregados da empresa.

O fabricante tornou-se diferenciado ao mercado, devido ao produto estar regulamentado. Com a adequação foi possível verificar o grande passo dado e comprometimento que a empresa demonstrou em relação aos seus clientes, buscando trazer inovações para possibilitar as condições seguras nas máquinas que são por eles comercializadas.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Heder. JOBBINS. **Elaboração de Mapa de Risco** - 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16510/3/PG_COENQ_2015_2_04. em: 16 mar. 2022.

BERTELLI, G.P.M. **Sistema de Controle e Supervisão da Estação de Processos MPS PA via Plataforma BeagleBone**. PhD diss., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

BRASIL. **Lei n.º 6.367, de 19 de outubro de 1976**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6367.htm. Acesso em: 14 mar. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 8213/91, de 24 de julho de 1991**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm. Acesso em: 14 mar. 2022

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf/view>. Acesso em: 14 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2023.

DE CAMARGO, V.L.A. **Elementos de automação**. Saraiva Educação SA, 2014.

DINIZ, Jadir Ataíde Júnior. **Segurança do Trabalho em obras de Construção Civil**. Dissertação (graduação) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002. 1

LUÍS KÜNZEL, W. **HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade**. [s.l: s.n.]. Disponível em: portal.crea-sc.org.br/hrn-hazard-rating-number-na-norma-nr-12-eficacia-x-obrigatoriedade. Acesso em: 20 mar. 2023.

PEIXOTO, C.H. **Vantagens em investir em saúde e segurança do trabalho** - Setor de ciências da saúde departamento de saúde comunitária especialização em medicina do trabalho. Curitiba. 2014-2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/147515298.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SANTANA, V. I., Araújo-Filho, J.B., Oliveira, P. R. A., Branco, A. B., (2006). **Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos**. - Programa Integrado em Saúde Ambiental e do Trabalhador. Instituto de Saúde Coletiva. Universidade Federal da Bahia. Salvador.

SCHMERSAL. **Produtos** - 2022. Disponível em: <https://www.schmersal.com.br/produtos>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SILVEIRA, L. WQ LIMA. **Redes para automação industrial e redes para automação industrial**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2003.

THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U.B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2005. 222p.

UMA RÁPIDA ANÁLISE SOBRE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL Antônio Pereira de Araújo Júnior, Christiano Vasconcelos das Chagas

WENDLING, M., 2010. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista. *São Paulo, 2010*, p.20.