

## **ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DA NORMA NR12 EM MÁQUINA DE DESCARGA DE MATERIAIS PARA FORNO CERÂMICO**

**Luigi Sartor<sup>1</sup>**

**Alexandre Milanez<sup>2</sup>**

**Resumo:** A norma regulamentadora NR12 vem ganhando cada vez mais ênfase no que se diz respeito a segurança e saúde no trabalho, e a cada dia vem sofrendo alterações para se aperfeiçoar, analisando as máquinas e equipamentos nas indústrias cerâmicas, percebeu-se a necessidade de realizar um projeto para adequar os equipamentos a norma e mantê-los dentro dos padrões estabelecidos pela mesma. O projeto foi desenvolvido especificamente na máquina de descarga de biscoitos para o abastecimento dos fornos, pois, através do mapa de riscos elaborado pela empresa, foi considerado o equipamento com maiores agravantes de risco de acidentes, então tornou-se necessário a readequação do equipamento para assim eliminar o acesso aos locais que ofereçam riscos e através do software SolidWorks® realizar uma simulação do enclausuramento do equipamento de acordo com cada detalhe especificado na norma NR12. No decorrer do trabalho será apresentado cada etapa do desenvolvimento do mapa de risco e a solução proposta para eliminar o acesso ao mesmo através do projeto. Foi levantado os custos estimados para execução do projeto que totalizou R\$50.750,00 para aquisição de materiais e mão de obra, através do novo levantamento de riscos para avaliar a eficácia do projeto foi possível validar os resultados assim tornando o equipamento novamente dentro das normas estabelecidas pela NR12 e tornando um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

**Palavras-chave:** Nr12, Mapa de riscos, Custos

### **1. INTRODUÇÃO**

A Norma Regulamentadora NR12 é uma norma brasileira que busca a prevenção de acidentes e o controle da saúde no trabalho, conforme descritos no artigo 12.1.1 na norma NR12 (2019). São descritas várias situações que devem estar conforme seus regulamentos, e que todas as empresas se adequem de acordo com as normas, seja para fabricação, importação, comercialização ou para adequação de qualquer equipamento que já esteja em uso.

---

<sup>1</sup> Graduando em engenharia mecânica. e-mail: Luigi.str@outlook.com

<sup>2</sup> Prof. Alexandre Milanez. e-mail: Alexandre.milanez@satc.edu.br

Hoje as indústrias que possuem equipamentos que não atendam a norma, devem adequá-los ou substituí-los por outros dentro das especificações da norma Nr12 o quanto antes, ABIMAQ (2002). Caso contrário o descumprimento da norma quando autuada por um fiscal do trabalho, pode levar a interdição imediata, recebimento de um termo de notificação como um prazo de adaptação de até 1 ano, multa e até prisão do proprietário.

O presente trabalho situa-se dentro de uma indústria de revestimentos cerâmicos, que possui uma máquina que descarrega “biscoitos” (material cru antes de passar pelo processo de queima), para o abastecimento dos fornos, em que esta máquina não cumpre com todas as exigências requeridas pela norma NR12.

A máquina de descarga de biscoitos em questão modelo TR2000 foi fabricada por uma companhia italiana chamada *TecnoFerrari*, em 2006 e trabalha com um sistema de elevadores, fazendo com que descarreguem os biscoitos que estão armazenados em grandes cestos chamados de carro *box*, onde o trabalhador é exposto a diversos riscos de acidentes como esmagamentos de membros, torção, amputação e até mesmo vir a óbito. Tendo em vista estes riscos e sabendo que este equipamento não está de acordo com as normas estabelecidas pela NR12, e possui um valor significativamente alto para sua substituição, buscou-se elaborar um projeto para adequação deste equipamento e assim neutralizar dos riscos que o equipamento possui.

No projeto de implantação da Norma NR12 é trabalhado o desenvolvimento de proteções móveis e fixas, de acordo com a necessidade de cada ponto analisado por um diagrama de riscos, elaborado em conjunto com colaboradores da empresa, tendo em vista a eliminação ou diminuição dos pontos que ofereçam riscos aos envolvidos, será também contabilizado os gastos com materiais e mão de obra para a readequação do equipamento a norma.

Este trabalho tem por objetivo, projetar todo um sistema de proteção que adequam o equipamento a norma regulamentadora NR12.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão analisados os tópicos principais necessários para a realização do projeto de implantação da Norma Regulamentadora número 12, garantindo que o uso dos equipamentos e máquinas sejam seguras para os operadores, considerando medidas de organização, segurança do grupo e individual, visando uma melhor condição de trabalho.

### 2.1 PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE NR12

A Norma Regulamentadora descreve juntamente com seus anexos as medidas mínimas para assegurar a saúde e integridade dos colaboradores. De acordo com a Norma Regulamentadora NR12 (2019), a mesma não se enquadra nos seguintes aspectos: classificados como eletrodomésticos, expostos em museus sem fim produtivo e máquinas movidas a tração animal. Os equipamentos e máquinas que serão construídos com destino de exportação já comprovados, não haverá necessidade do atendimento dos requisitos dessa norma, porém os que forem importados, mesmo atendendo as normas internacionais, deverão ser adequados as normas regulamentadoras NRs.

### 2.2 INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS

Existem alguns requisitos sobre os quadros de energia que devem seguir as normas da NR12 (2018) são eles: Manter a porta para o acesso fechada, possuir sinalizações referentes ao perigo de choque elétrico, manter os quadros com bom estado de conservação, entre outros.

Para o acionamento de partida e parada dos equipamentos deve ser seguidas algumas exigências descritas na NR12 (2019) que ressaltam a importância da localização dos dispositivos de segurança e bloqueio, encontrados em locais de acesso fácil e, que possam ser usados por qualquer colaborador que não seja o operador da máquina. A NR12 resalta também que é necessário um acionamento de *reset* da segurança, para que o equipamento não seja ligado assim que energizado.

## 2.3 SISTEMAS DE SEGURANÇA

De acordo com NR12 (2019) pontos que tragam riscos nas máquinas e equipamentos devem possuir sistemas que mantenham a segurança dos operadores, tais como proteções móveis fixas, e dispositivos elétricos interligados. Estes devem ser introduzidos de modo a evitar serem burlados e neutralizados por operadores. Quando o comando de parada for ativado, deve ser mantido até que as condições de segurança para o rearme do equipamento estejam adequadas, garantindo que apenas o fechamento das proteções não dê início ao ciclo de funcionamento do equipamento. As proteções fixas devem ser instaladas permanentemente impedindo assim que sejam movidas, sem o auxílio de ferramentas. As proteções que permitem a movimentação devem ser associadas a dispositivos que executem o intertravamento elétrico e mecânico, para que apenas na posição adequada o equipamento possa iniciar seu ciclo de trabalho.

Quando as proteções são instaladas, se faz necessário respeitar algumas distâncias de segurança do equipamento, onde existe a possibilidade da máquina entrar em funcionamento com uma pessoa dentro da zona de perigo, a NR12 (2018) indica a necessidade da utilização dos sensores de monitoramento ou detectores de movimento, evitando o rearme do equipamento com o operador dentro da zona de risco, além de dispositivos de parada de emergência.

## 2.4 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE CERÂMICO

Os sistemas de abastecimentos de biscoitos para queima em fornos cerâmicos são realizados por meio de equipamentos de movimentação e transporte, estes equipamentos possuem potenciais riscos de acidentes no trabalho com os colaboradores envolvidos no processo de funcionamento.

### 2.4.1 Elevadores de Carga

Um elevador de carga é um equipamento destinado exclusivamente ao transporte de cargas. Sistemas de elevação de carga, podem oferecer riscos de acidentes com esmagamentos, por conta do seu sistema de movimentação,

geralmente na vertical produzidos por motores elétricos e mecanismos multiplicadores de torque. A Fig.1 Mostra um exemplo de elevador de carga utilizado na indústria cerâmica.

Figura 1: Elevador de carga

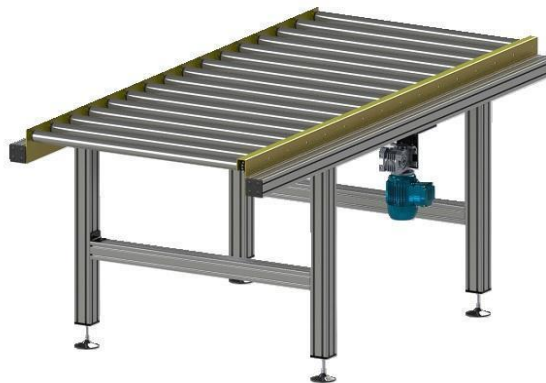


Fonte: TecnoFerrari (2020)

#### 2.4.2 Mesa Transportadora de Roletes

A mesa transportadora de roletes é um equipamento bastante utilizado em linhas de produção onde há necessidade de movimentação de materiais. Através dos roletes formam uma espécie de esteira em que é possível transportar e manusear os mais diversos tipos de materiais de forma rápida e contínua, podendo ser utilizada em diversos setores industriais, sendo extremamente útil devido a agilidade e velocidade de movimentação dos objetos. A Fig.2 mostra um exemplo de mesa transportadora de roletes.

Figura 2: Mesa transportadora de roletes

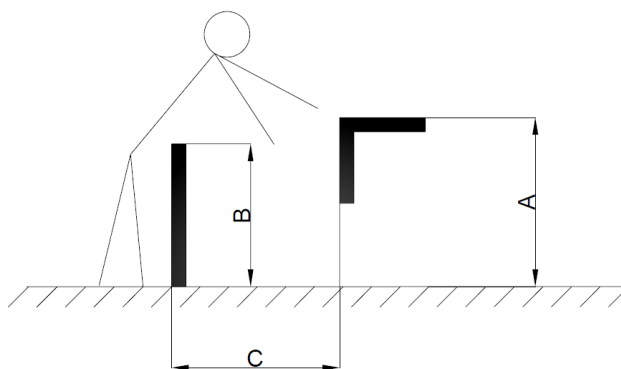


Fonte: Soluções industriais (2020)

## 2.5 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA

A Norma NR12 diz que devem ser respeitadas as distâncias mínima entre proteções e equipamentos, de forma que não ocorra nenhuma contrariedade durante o ciclo de trabalho, dessa forma garantindo a segurança dos trabalhadores. A Fig.3 descreve as distâncias mínimas de segurança em relação a dimensão da zona de perigo, onde : 'A' representa altura da zona de perigo; 'B' altura da estrutura de proteção ; e 'C' distância horizontal à zona de perigo.

Figura 3: Distâncias de segurança



Fonte: Adaptação ABNT NBR NM-ISO 13852:(2003)

As distâncias 'A, B ,C' apresentadas na Fig.3, podem ser obtidas na Tab.1 apresentada abaixo.

Tabela 1: Alcance sobre estrutura de proteção

	Altura da estrutura de proteção "b"									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
Altura da zona de perigo "a"	Distância horizontal à zona de perigo "c"									
2700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	-
2400	1100	1100	900	800	700	600	400	300	100	-

Fonte: Adaptado da ABNT NBR NM-ISO 13852: (2003)

Através da Tab.1 sobre alcance de estruturas de proteções, percebe-se a variação da distância da zona de perigo (c) em relação a altura da proteção (b).

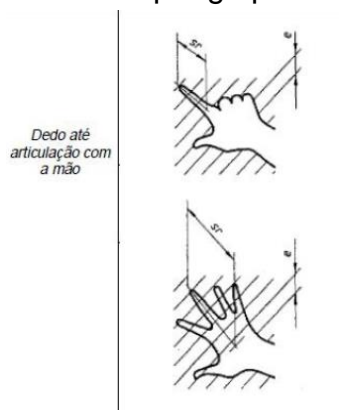
As proteções devem ter alturas (b) entre 1.000 mm e 2.700 mm, pois estruturas menores de 1.000 mm podem ser facilmente ultrapassadas, e acima de 2.700 mm não são acessíveis sem equipamento de subida. Estruturas menores que 1.400 mm também devem ser acompanhadas de medidas de segurança com

sensores de presença ou cortinas de luz.

Segundo NR12 (2019) anexo 1: Estruturas de proteção com altura inferior a 1000 mm não estão incluídas por não restringirem suficientemente o acesso do corpo, e menores que 1400 mm, não devem ser usadas sem medidas adicionais de segurança.

A distância horizontal a zona de perigo 'c', quando utilizadas grades como meio de barreira física entre o operador e a zona de perigo, deve ser considerado a abertura da malha conforme apresentado na Fig.4.

Figura 4: Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.



$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	$\geq 120$	$\geq 120$

Fonte: Adaptado ABNT NBRNM-ISO 13852. Segurança de Máquinas. (2016)

#### 2.4.1 Instalações de detectores de presença e cortinas de luz

Para instalar e usar detectores de presença e cortinas de luz a necessidade da execução de alguns cálculos de distância mínima entre a zona de perigo e o equipamento pois, apesar dos acionamentos serem elétricos, estes possuem um tempo de resposta considerável.

O cálculo de acordo com a norma ISO 13855 (2014), para uma aproximação perpendicular, a distância deve ser calculada seguindo a Eq.1

$$S = (K \times T) + C \quad (1)$$

Onde:

S: Mínima distância em milímetros, da zona de perigo até o linha, plano ou ponto de detecção;

K: Parâmetro em milímetros por segundo, retirado dos dados de velocidade de

aproximação do corpo ou partes do corpo;

T: Velocidade de parada de todo o sistema ou tempo de resposta total em segundos da cortina de luz mais o equipamento;

C: Distância adicional em milímetros, baseada na entrada da zona de perigo antes da atuação do dispositivo de responsável pela proteção.

A icônigta K é pré determinada a partir das condições de posicionamento da cortina de luz como é descrito na ISO 13855 (2014):“ Para cortinas dispostas verticalmente, deve ser usada uma velocidade de aproximação de 2.000 mm/s”. Para velocidade de aproximação de 1.600 mm/s deve ser usada para cortinas de luz dispostas horizontalmente.

Sobre a distância adicional C, esta associada ao menor objeto detectável da cortina de luz, e este valor será adicionado a equação retirando os valores compatíveis na Tab.2.

Tabela 2: Distâncias adicional C

Capacidade de Detecção (mm)	Distância Adicional C (mm)
$\leq 14$	0
$> 14 \leq 20$	80
$> 20 \leq 30$	130
$> 30 \leq 40$	240
$> 40$	850

Fonte: ABNT NBR NM-ISO 13852 (2003)

## 2.5 COLETAS DE DADOS E DIAGRAMA DE RISCOS

Segunto o MTE (Ministério de Trabalho e Emprego – 2011) a obrigatoriedade do diagrama de risco depende do nível de risco em que a empresa está associada e com o seu número de empregados, sendo esses riscos identificados nas dependencias da empresa, fixados em locais de facil vizualização os diagramas tem o objetivo de orientar os trabalhadores.

Para a criação de um mapa de riscos é necessário o levantamento de dados sobre o ambiente e as condições as quais os trabalhadores são submetidos, tais como, analisar a presença de riscos e indicadores de saúde, ter conhecimento dos processos de trabalho, conhecer os levantamentos ambientais e elaborar um diagrama de risco. Segundo MTE (2012) os agentes dos riscos de segurança no



trabalho são subdivididos em, agentes físicos, agentes químicos, agentes biológicos, agentes ergonômicos e agentes de acidentes. O diagrama de risco deve ser formulado pela Comissão Interna de Prevenção a Acidentes (CIPA). Os agentes mecânicos ou acidentes, são aqueles provenientes de imperfeições das máquinas e equipamentos, ferramentas defeituosas ou inadequadas, incêndio, explosão, EPIs inadequados, entre outros. “Esses acidentes são influenciados por aspectos da situação imediata de trabalho como o maquinário, a tarefa, o meio técnico ou material, mas também pelas relações de trabalho, cuja determinação situa-se na sua organização” (VILELA; MENDES, 2011).

Para fazer uma análise de risco o primeiro passo é conhecer a estrutura dos equipamentos e as áreas que oferecem risco. Após deve-se fazer a classificação do risco para saber qual categoria de segurança deve ser atendida. Um meio de fazer a análise é através do método HRN (Hazard Rating Number) 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. O formato básico da ferramenta HRN consiste no resultado do produto de quatro variáveis conforme indicado nas Tab.3 Tab.4 Tab.5 Tab.6 e Tab.7 abaixo e segundo a Eq.2

$$\text{HRN} = \text{LO} * \text{FE} * \text{DPH} * \text{NP} \quad (2)$$

Tabela 3: Probabilidade de ocorrência

(LO) Probabilidade de ocorrência		
0,033	Quase impossível	Pode ocorrer em extremas circunstâncias
1	Altamente improvável	Mas pode ocorrer
1,5	Impossível	Embora inconcebível
2	Possível	Mas não usual
5	Alguma chance	Pode acontecer
8	Provável	Sem surpresas
10	Muito provável	Esperado
15	Certeza	Sem dúvida

Fonte: Portal.crea-sc.org

Tabela 4: Frequência de Exposição

(FE) Frequência de Exposição	
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semestralmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de horas
5	Constante

Fonte: Portal.crea-sc.org

Tabela 5: NP A Mercê do Risco

(NP) Número de Pessoas a Mercê do Risco	
1	1 A 2
2	3 A 7
4	8 A 15
8	16 A 50
12	Mais de 50

Fonte: Portal.crea-sc.org

Tabela 6: Grau De Possível Lesão

(DPH) Grau De Possível Lesão	
0,1	Arranhão ou escoriação
0,5	Dilaceramento, corte ou enfermidade leve
1	Fratura leve de ossos, dedos das mãos ou dedos dos pés
2	Fratura grave de ossos, mão braço ou perna
4	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou pés
8	Amputação da perna, mãos, perda parcial da audição ou visão
10	Amputação de 2 perna ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos
12	Enfermidades permanentes ou crítica
15	Fatalidade

Fonte: Portal.crea-sc.org

Tabela 7: Hazard Rating Number

HRN (Hazard Rating Number)		
Resultado	Risco	Avaliação
0 a 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de ação
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 e dispositivos de segurança
100 a 500	Muito alto	
500 a 1000	Extremo	Ações imediatas para reduzir ou eliminar o risco
Maior que 1000	Inaceitável	Interromper a atividade até eliminação ou redução do risco

Fonte: Portal.crea-sc.org

## 2.6 SISTEMAS DE PROTEÇÕES MODULARES

As telas de proteção modular são soluções disponíveis no mercado para o enclausuramento de máquinas, a fim de deixar a área de risco devidamente protegida. As proteções fixas e móveis serão montadas a partir de proteções modulares que são vendidas pré montadas facilitando a montagem do projeto.

Segundo indústria de proteções modulares Schmersal “Para cumprir com a NR12, a Schmersal oferece as proteções mecânicas para fechamento de perímetro, que são utilizadas na maioria das máquinas. A proteção é indicada para o mercado industrial como um todo, especialmente para a indústria automotiva, robótica, metalúrgica, siderúrgica e indústria de madeira”. Schmersal (2019).

A Fig.5 demonstra como são compostos os sistemas de proteções modulares.

Figura 5: Módulo Físico de Proteção



Fonte: Catálogo Schmersal p. 9 (2020)

## 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta etapa serão apresentadas todas as etapas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

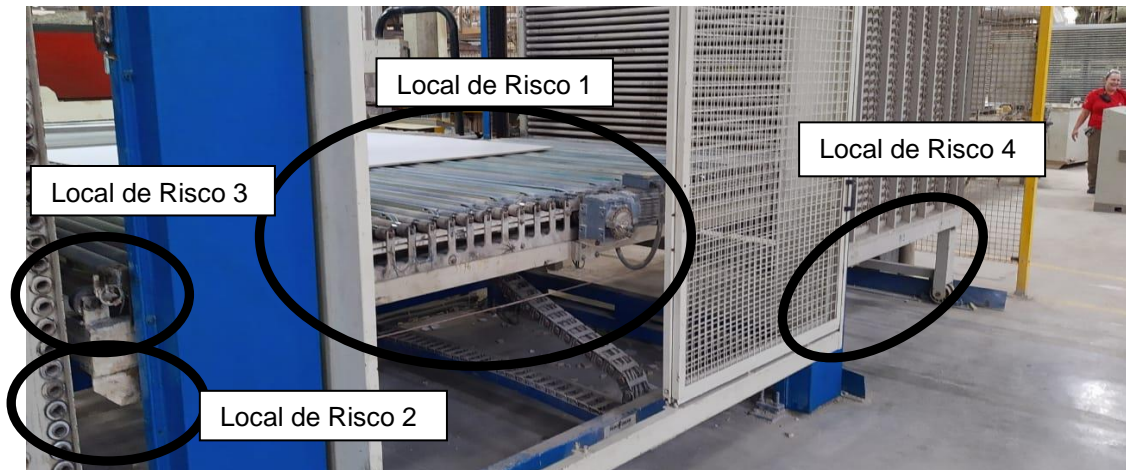
### 3.1 DIAGRAMA DE RISCOS DO EQUIPAMENTO

Foi realizado uma coleta de dados através da CIPA com todos os envolvidos do setor (operadores, mecânicos, líderes, supervisores e técnicos de segurança) para montar um diagrama de riscos do equipamento, e através desses resultados chegar aos pontos mais críticos que oferecem riscos a integridade e saúde

dos envolvidos. Nesta etapa foram analisados todos os potenciais riscos do equipamento e através da norma NR12 propor planos para minimizar ou eliminar estes riscos.

Conforme representado na Fig. 6 pode-se observar quatro locais que ofereçam risco maior ao operador.

Figura 6: Locais de risco



Fonte: Do autor (2019)

- Risco 1. Falta do travamento elétrico para a abertura da porta frontal, podendo ser aberta com o equipamento em automático sem que ocorra o travamento do mesmo.
- Risco 2. Local sem barreira física, possibilitando a introdução de membros superiores e inferiores do corpo humano.
- Risco 3. Equipamento de transmissão de movimento (polia e correia) sem proteção física.
- Risco 4. Local de remoção dos carros carregados com revestimentos cerâmicos através dos TGVs, (carros movidos a bateria utilizados para movimentação dos materiais em estoque) pode dar acesso ao operador do equipamento ao elevador.

A Fig.7, mostra outra situação de risco que ocorre com o equipamento em função automático, que é a troca do *box* vazio para outro cheio, dando acesso a outras partes do equipamento.

Figura 7: Locais de risco



Fonte: Do autor (2019)

- Risco 5. Acesso total do operador com o elevador.
- Risco 6. Acesso do operador ao equipamento de transmissão de movimento, (corrente; mensageira e eixo árvore).

A Fig. 8 apresenta a situação em que ocorre o acoplamento do TGV ao *box* para a remoção do mesmo e os locais de risco.

Figura 8: Local de risco



Fonte: Do autor (2019)

- Risco 7. Acoplamento do TGV ao carro *box* através de atuadores lineares hidráulicos.

A Fig. 9 mostra o local de interface homem máquina (*IHM*) do equipamento que também dá acesso aos locais de risco 5 e 6 apresentados anteriormente.

Figura 9: IHM



Fonte: Do autor (2019)

Foi feita a análise através do método HRN de cada local de risco, e avaliado qual o nível de cada risco, conforme segue a Tab.8 abaixo.

Tabela 8: Avaliação grau de risco

Lugar	(LO)	(FE)	(DPH)	(NP)	TOTAL
Local De Risco 1	1,5	2,5	15	1	56,25
Local De Risco 2	2	2,5	2	1	10
Local De Risco 3	2	2,5	4	1	20
Local De Risco 4	1,5	2,5	1	1	3,75
Local De Risco 5	1,5	2,5	15	1	56,25
Local De Risco 6	1,5	2,5	0,5	1	1,875
Local De Risco 7	2	2,5	4	1	20

Fonte: Do autor (2019)

### 3.2 AÇÕES A SEREM TOMADAS

Nesta etapa foram projetados individualmente para cada ponto crítico destacado no diagrama de riscos, uma proteção no equipamento seguindo as normas da NR12 anexo I, que descreve as distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença.

### 3.2.1 Locais de risco de 50 a 100 pontos

Será inicialmente avaliado os locais de riscos que apresentam de 50 a 100 pontos e possuem o maior grau de risco do equipamento.

Os locais de risco 1 e 5 foram os que apresentaram maior pontuação, ambos com 56,25 por se tratarem de locais que dão acesso ao elevador de carga e á risco de fatalidade. Seguindo a Tab. 7 de HRN devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco garantir a implementação de proteções e dispositivos de segurança

Como medida preventiva para eliminação do acesso ao local de risco, será projetado uma barreira física fixa, com a necessidade de componentes elétricos, tais como cortinas de luz e sensores de presença conforme regidos pela norma NR12.

A barreira física será composta por grades modulares pré-montadas a uma distância de 500 mm do equipamento respeitando as distâncias mínimas de segurança, conforme Tab.9.

Utilizando a ramificação da Tab.1, será utilizado como altura da zona de perigo "a", 2.600 mm, que corresponde a altura máxima de acesso a zona de perigo por uma pessoa, e para uma altura de proteção de 2.000 mm que corresponde a altura comercial de produção das grades modulares.

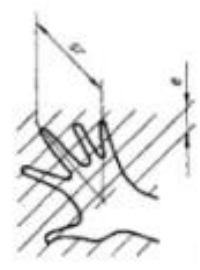
Tabela 9: Alcance sobre estrutura de proteção

	=									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
Altura da zona de perigo "a"	Distância horizontal a zona de perigo "c"									
2700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	-

Fonte: Adaptação ABNT NBR NM-ISO 13852: (2003)

Também deve-se utilizar a Fig.10 distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores, para determinar a distância mínima de segurança da zona de perigo.

Figura 10: Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores.



$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	$\geq 120$	$\geq 120$

Fonte: ABNT NBRNM-ISO 13852 - Segurança de Máquinas.

As grades modulares possuem malhas com fendas de 20x100 mm, então através da Fig.10, chega-se a uma distância mínima de 120 mm da estrutura de proteção até a zona de perigo.

Com os resultados obtidos de 500 mm e 120 mm, irá ser considerado como distância mínima de segurança 500 mm para instalação da barreira física.

Assim como nas barreiras físicas, também é necessário nas barreiras por cortina de luz, que se tenha uma distância mínima de segurança em função do tempo de resposta do sistema, que pode ser obtida através da Eq.1.

Será utilizado o sensor de cortina de luz *weg light screen plex* modelo LSP29-1600 representado abaixo na Fig.11. Através dos dados obtidos em catálogo de suas especificações é possível calcular a distância mínima de fixação da cortina de luz, utilizando a Tab.10 e a Fig.12 que aparecem logo abaixo.

Figura 11: Cortina de luz Weg



Fonte: static (2019)



Tabela 10: Especificações técnicas

Modelo	Tempo de resposta	MTTFd	PFH
LPS29 – 1500	54 ms	95.92	4.52E-08
LPS29 – 1600	57 ms	95.92	4.52E-08

Fonte: Manual weg (2015)

Figura 12: Especificações técnicas

	LSP14	LSP29
Fixação	Por cantoneira	
Amortecimento de vibrações	Por coxins especiais de borracha nitrilica	
Altura da área de proteção	200 a 800 mm	200 a 1600 mm
Alcance	0,2 m - 5,0 m	0,2 m - 7,0 m
Distância entre feixes de luz	10 mm	20 mm
Objeto mínimo detectável	14 mm	29 mm

Fonte: Manual weg (2015)

Através da distância mínima detectável obtida na Fig. 12 é possível determinar o valor da incógnita “c” pela Tab.2 apresentada anteriormente, assim chegando a um valor de 130 mm.

Através da Tab.10 obtém-se o valor do tempo de resposta da cortina de luz igual a 57 ms.

Através de testes foi determinado como 0,1 segundo o tempo aproximado para interromper a movimentação do elevador, acionado a emergência e cronometrando o tempo até que o mesmo parasse por completo.

Conforme descreve a ISO 13855 (2014): “Para uma velocidade de aproximação de 1.600 mm/s deve ser usada para cortinas de luz dispostas horizontalmente.”

Deste modo aplicando a equação da distância mínima de instalação de cortinas de luz, encontramos uma distância de 381,2 mm, conforme Eq.1.

$$s = (k * t) + c$$

$$s = (1600 * (0,057 + 0,1)) + 130$$

$$s = 381,2 \text{ mm}$$

### 3.2.2 Locais de risco de 10 a 50 pontos

Os locais de risco 2, 3 e 7 são considerados como risco significativo e como medida preventiva, seguindo a Tab.7 deverá garantir que as medidas atuais de proteção continuem e aprimorar com ações complementares instalando grades modulares móveis com sistema de Inter travamento elétrico antifraude e sistema de *reset*. O local de risco 7 trata-se do acionamento hidráulico dos atuadores lineares do carro TGV para mover os *boxes*, que pode ser observado na Fig.8, nesta condição há o risco de esmagamento dos membros superiores, porém, ao ser neutralizado o local de risco 4 com as cortinas de luz, também é eliminado a possibilidade de acesso ao local de risco 7 durante a execução desta função.

### 3.2.3 Locais de risco de 1 a 5 pontos

Os locais de risco número 4 e 6 estão na escala de menor grau de risco do equipamento, o local de risco 6 existe um acionamento mecânico que através de correntes e messageiras realizam a retirada dos *biscoitos* dos *box*, como pode ser observado na Fig.13 abaixo, os componentes possuem proteções fixas eficientes, há o risco de acidente caso ocorra trancamento nos eixos árvore em alguma parte da roupa do operador, entretanto, o sistema possui uma baixa potência mecânica não trazendo danos consideráveis. A prevenção do local de risco 4 através das cortinas de luz também neutraliza o acesso ao local 6, porém, como pode ser observada na Fig.9 apresentada anteriormente há a necessidade de instalação de uma barreira física fixa com as mesmas dimensões calculadas para os locais de risco 3 e 4, afim de evitar o acesso do operador através da lateral do equipamento onde fica a IHM do equipamento. O local de risco 4 apresentado na Fig. 6 anteriormente, demonstra a entrada do carro TGV para movimentação do *box*, onde não é possível a utilização de barreira física para eliminação do acesso ao local de risco. Sendo assim, se faz necessário a utilização de sensores de cortina de luz e um sistema de comunicação entre o sensor de barreira e o carro TGV para que, quando necessário a troca dos *boxes*, a barreira seja desativada e possibilite a execução da função em modo automático.

Figura 13: Mecanismo de retirada de biscoitos dos carros box



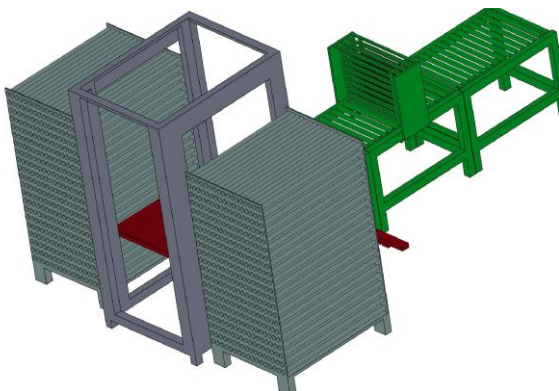
Fonte: Do autor (2020)

### 3.3 CONSTRUÇÃO DO PROJETO

Há fim de eliminar o acesso aos locais de riscos citados anteriormente, o projeto foi executado no software *SolidWorks®*, projetando as proteções necessárias para que seja realizado um enclausuramento do equipamento com proteções fixas e móveis, com exceção das duas entradas para o carro *TGV*, que serão através de cortinas de luz. As proteções físicas móveis, serão adicionados sensores de segurança para que o equipamento não possa trabalhar com proteções móveis abertas.

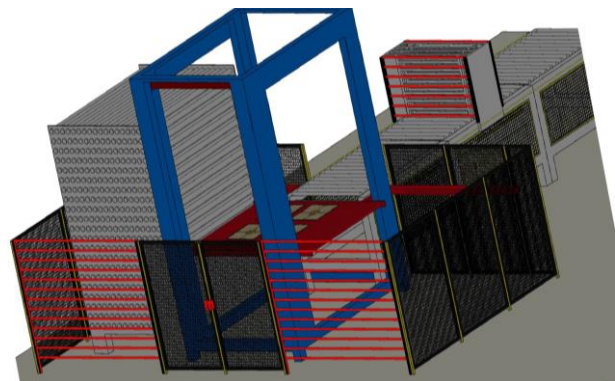
Na Fig. 14 observa-se o projeto estrutural da máquina TR2000 original sem proteções e como citado anteriormente foi desenvolvido uma proteção para cada ponto analisado pelo diagrama de riscos representado na Fig. 15 abaixo.

Figura 14: Modelo TR2000



Fonte: Do autor (2020)

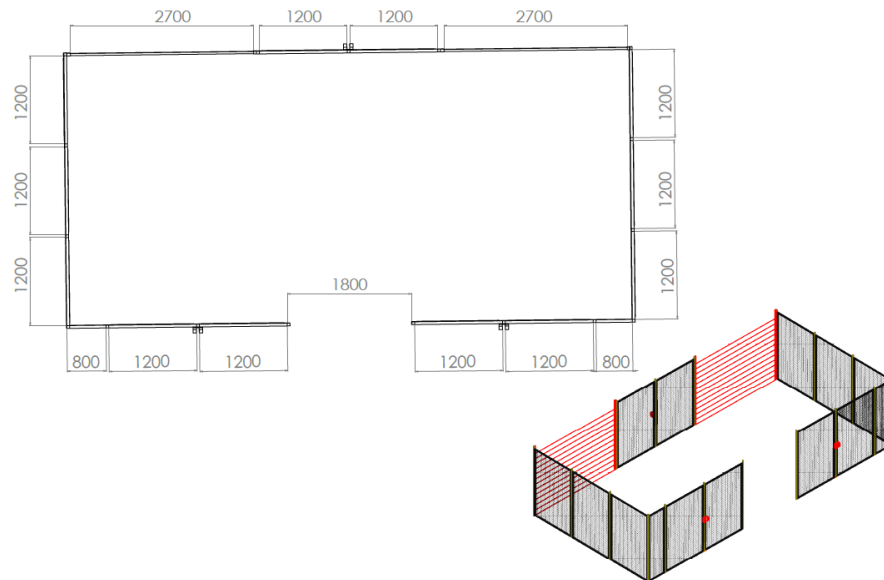
Figura 15: Modelo TR2000 com proteções



Fonte: Do autor (2020)

O enclausuramento do equipamento conta com 3 portas de acesso e duas cortinas de luz e proteções fixas que não podem ser removidas sem o uso de ferramentas conforme a Fig. 16.

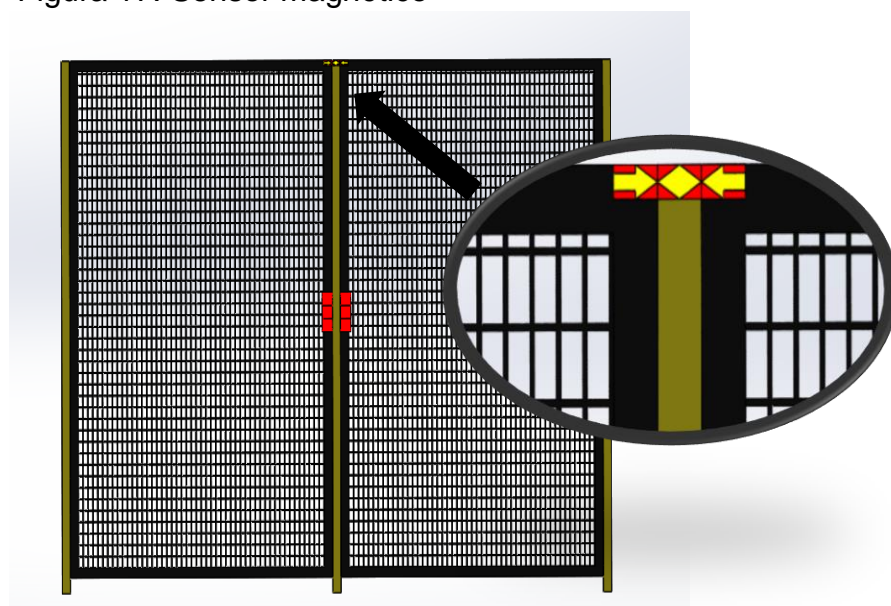
Figura 16: Enclausuramento TR2000



Fonte: Do Autor (2020)

Nas portas de acesso foram instalados sensores magnéticos de segurança conforme representado na Fig. 17 assim evitando a movimentação do equipamento quando as portas estiverem abertas.

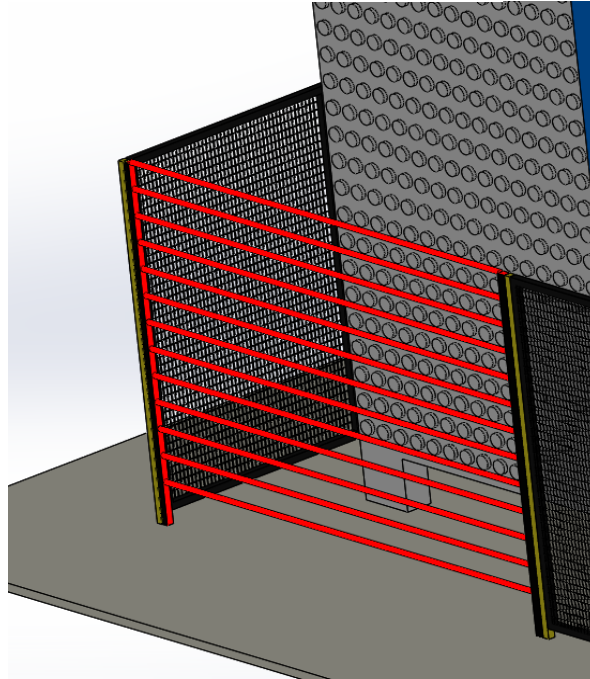
Figura 17: Sensor magnético



Fonte: Do autor (2020)

Os locais de entrada do *box* foram adicionados cortinas de luz, que permitem o TGV colocar ou retirada os *boxes* sem a necessidade de parada no equipamento conforme mostra a Fig. 18.

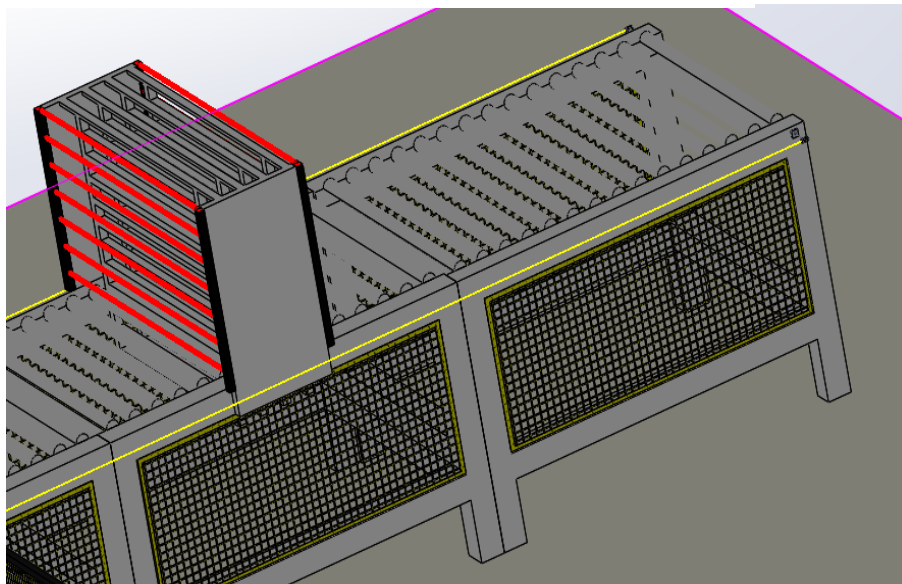
Figura 18: Cortina de Luz



Fonte: Do autor (2020)

Ao longo das mesas de rolos, foi instalado um cordão de segurança para cada lado, e adicionado proteções fixas para impedir o acesso na parte inferior da mesa conforme a Fig. 19.

Figura 19: Mesa de rolos



Fonte: Do autor (2020)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão discutidos os resultados obtidos no que se diz respeito a reavaliação do grau de risco do equipamento, bem como seu custo para implantação e execução do projeto.

### 4.1 AVALIAÇÃO DO GRAU DE RISCO

Foi feito a avaliação dos riscos presentes no equipamento levando em consideração a aplicação do projeto de implantação da norma regulamentadora NR 12 conforme Tab. 11

Tabela 11: Graus de risco

Lugar	(LO)	(FE)	(DPH)	(NP)	TOTAL
Local De Risco 1	1	2,5	15	1	37,5
Local De Risco 2	1	2,5	2	1	5
Local De Risco 3	1	2,5	4	1	10
Local De Risco 4	1	2,5	1	1	2,5
Local De Risco 5	1	2,5	15	1	37,5
Local De Risco 6	1	2,5	0,5	1	1,25
Local De Risco 7	1	2,5	4	1	10

Fonte: Do Autor (2020)

Observa-se que o parametro LO (Probabilidade de ocorrência de acidente); para todos os sete riscos, através da implantação do projeto pode ser reduzido a 1 ponto, pois os colaboradores não serão expostos aos riscos diminuindo consideravelmente as chance de um acidente, com isso foi possível reduzir todas as pontuações e seguindo a tabela 7 HRN (Hazard Rating Number) sair da zona vermelha de risco alto de acidentes.

### 4.2 CUSTO PARA ADEQUAÇÃO DA NORMA NR12

Foi realizado o levantamento dos custos de materiais necessários para realização do projeto conforme a Tab.12 abaixo.

Tabela 12: Custo para aquisição de materiais

Qtd	Item	Custo (un)	Custo	Percentual
6	Grade de proteção mesa	R\$ 350,00	R\$ 2.100,00	4,73%
6	Grade modular 1900x1200mm	R\$ 400,00	R\$ 2.400,00	5,41%
18	Colunas para grades modulares	R\$ 100,00	R\$ 1.800,00	4,06%
2	Grade modular 1900x800mm	R\$ 350,00	R\$ 700,00	1,58%
6	Grade modular porta	R\$ 420,00	R\$ 2.520,00	5,68%
2	Cortina de luz 1900mm	R\$7.560,00	R\$15.120,00	34,08%
2	Cortina de luz 1000mm	R\$5.865,00	R\$11.730,00	26,44%
1	Componentes elétricos segurança	R\$8.000,00	R\$ 8.000,00	18,03%
<b>Total</b>			<b>R\$44.370,00</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Do autor (2020)

Foi estimado um valor total de R\$44.370,00 para a aquisição dos materiais a serem utilizados no equipamento, valores estes que podem sofrer variação durante a ociosidade do projeto. Os componentes elétricos de segurança, tais como cortinas de luz, sensores, cabos, botões de emergência, *CLP* (controlador lógico programável) entre outros, representam o maior valor necessário para o projeto, chegando a aproximadamente 78.4% do montante total.

Também foi levado em consideração os custos de mão de obra para realização do projeto, conforme a Tab. 13 abaixo.

Tabela 13: Custo com mão de obra

Qtd	Profissional	Tempo (hrs)	Custo (hrs)	Custo
2	Mecânico	44	R\$ 35,00	R\$ 3.080,00
1	Eletricista	44	R\$ 35,00	R\$ 1.540,00
1	Ajudante mecânico	44	R\$ 20,00	R\$ 880,00
1	Ajudante eletricista	44	R\$ 20,00	R\$ 880,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 6.380,00</b>

Fonte: Do autor (2020)

Foi estimado um tempo de 44 horas trabalhadas para realização do projeto, que corresponde a 5 dias úteis, o custo hora de cada profissional foi baseado em uma média de 2 empresas prestadoras de serviços. Deste modo foi possível estimar um valor de R\$ 6.380,00 de gastos com mão de obra para execução do projeto.

Assim foi possível estabelecer um valor aproximado do investimento total para adequação do equipamento a norma, totalizando um valor de R\$50.750,00

## 5. CONCLUSÕES

A norma regulamentadora NR12 dita várias medidas de proteção para o uso seguro de máquinas e equipamentos para evitar a ocorrência de acidentes e diminuição de riscos, foi através da projeto de adequação a norma NR12 da máquina de descarga de biscoitos do forno cerâmico, que foi possível a eliminação do acesso aos locais de risco do equipamento, tornando-o assim um local de trabalho mais seguro e dentro das exigências expressas pela norma.

O desenvolvimento do projeto se realizou via software SolidWorks, onde foi possível desenvolver uma representação do equipamento com suas principais características e esboçar toda a montagem do sistema de segurança assim gerando um detalhamento preciso dos componentes e evitando algum possível erro de projeto durante todo seu desenvolvimento. A instalação das proteções pode interferir indiretamente na produtividade do equipamento pois dificultam o aceso para manutenções e intervenções operacionais, será necessário um investimento significativo com a aquisição de materiais e mão de obra para a execução do projeto, valor este que se justifica com os grandes benefícios trazidos a todos os envolvidos,

Futuramente deseja-se obter um certificado de validez da norma regulamentadora NR12, a fim de comprovar que o equipamento possui todas exigências estabelecidas por ela e validar o projeto formalmente.

## REFERENCIAS

ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos. **Nova NR-12**. Curso ministrado pelo Eng. João Baptista Beck Pinto, Joinville – SC, 2019. ABNT

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 272 - **Segurança de máquinas** - proteções - requisitos gerais para o projeto e construção, Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7195 – **Cores para Segurança**. Rio de Janeiro, 2015. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14153 - **Segurança de Máquinas**, Rio de Janeiro, 1998. 23 p

BRASIL ISO 13855, 27 de abril de 2014, Safety of machinery - **The positioning of protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body**, Abmaqui, publicado em 20 de agosto de 2018



BRASIL NR12, de 06 de outubro de 2018. **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**, publicado em 19 de agosto de 2018, ministério do trabalho p.1 a 22

Corrêa, M. U. **Sistematização e Aplicações da NR-12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos**. 2011. 111 f. Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí – RS, 2011.

Ducioni, R. L. **Segurança e automação industrial**. Relatório de estágio em Engenharia Elétrica – Faculdade SATC, Criciúma - SC, 2012. Dradoni, J. F. Proteção de Máquinas, Equipamentos, Mecanismos e Cadeado de Segurança. São Paulo: LTr, 2011.

GOIAS, SEGPLAN, Secretaria do Estado De Gestao e Planejamento. **Manual de elaboração de mapas de risco**, Setor Sul Goiânia 2017.

Mendes, R. **Máquinas e Acidentes de Trabalho**. Brasília: TEM/ SIT; MPAS, 2001. Coleção Previdência Social. Vol. 13.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **Norma Regulamentadora 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Portaria SIT n.º 197 de 17 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files>.

**Organização Internacional do Trabalho. Conferência Internacional do Trabalho. Convenção 161**, Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego; disponível em : [http://www.mte.gov.br/legislacao/convencoes/cv\\_161.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/convencoes/cv_161.asp), publicado em 07 de julho de 2011.

Rodrigues, G . **HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12 Eficácia X Obrigatoriedade**. 2019. B&K Consultoria e Projetos em Engenharia Mecânica - Revisão 02: 12/06/2019

SCHARMESAL, Safe Solutions For Your Industry. **Sistemas de Proteção Modulares: Satech**, ed. única, Portal Publicidade, 2018.

TÉCNICAS. NBR 14009 - **Segurança de Máquinas**. Rio de Janeiro, 1997. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO 12100 - Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

VILELA, Rodolfo Andrade; ALMEIDA, deberto Muniz; MENDES, Renata Wey. **Da vigilância para prevenção de acidentes de trabalho: contribuição da ergonomia da atividade**, SciElo ciencia e saude coletiva, p.1 a 14, publicado em 20 de setembro de 2011.