



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

02 a 04
de dezembro 2020

Desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia

Fabício Alexandre Alves Ceranto
Engenharia – Ceranto Engenharia

Resumo: Este trabalho, de natureza exploratória, teve como objetivo, com base na observação empírica, explicar o desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia. Esta explanação se mostra relevante devido à prevenção de acidentes de trabalhos promovida pelas mesmas. Utilizou-se como metodologia a descrição dos procedimentos de desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia. Como resultados são apresentados alguns produtos desenvolvidos. Conclui-se, com base na observação empírica, que o desenvolvimento destas tecnologias contribui fortemente para a prevenção de acidentes de trabalho.

Palavras-chave: Segurança no Trabalho, Desenvolvimento de Produtos, Transmissão de Energia.

Development of safety of work mechanical products for power transmission sector

Abstract: This work, in an exploratory way, had as goal, based on empirical research, to explain the development of safety at work mechanical products for power transmission sector. This explanation is relevant due to the promoted safety given by the same. It was used as methodology the description of the procedures of safety at work mechanical products development for the power transmission sector. As results, they were presented some developed products. It was possible to conclude, based on the empirical research that the development of these technologies contributes strongly for the prevention of work accidents.

Keywords: Safety at work, Product Development, Power Transmission.

1. Introdução

O setor de transmissão de energia no Brasil sofre crescente progresso. A construção de linhas de transmissão tem se acentuado desde os anos 90 com o advento da globalização e conseqüente avanço no uso das telecomunicações e de dispositivos, máquinas, ferramentas e utensílios que funcionam a base de eletricidade.

Linhas de transmissão de energia cruzam o Brasil inteiro e sua construção mobilizam trabalhadores de todas as regiões do país. A construção de linhas de transmissão

possibilita o progresso para as regiões beneficiadas, pois promovem geração de emprego e renda, não somente por meio dos postos de trabalho diretos, mas também dos indiretos, tendo visto que para manter uma estrutura de construção civil é necessário o uso de restaurantes, postos de combustíveis, pousadas, hotéis, escritórios, etc., além dos próprios fornecedores de máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos utilizados na atividade.

Contudo, nem tudo é um mar de rosas. A construção de linhas de transmissão de energia, bem como de subestações de energia demanda elevados graus de cuidado para com as atividades de trabalho, uma vez que os riscos das atividades são elevados, sejam eles físicos, químicos, biológicos ou ergonômicos.

Nesse contexto, ganha espaço a atuação dos técnicos em segurança do trabalho, bem como dos engenheiros de segurança no trabalho e engenheiros residentes, sejam eles da própria empresa que é responsável pela construção do empreendimento (empreiteira), da empresa que venceu a licitação e que possui os direitos sobre a transmissão de energia (transmissora), da concessionária de energia local (empresa de distribuição), ou ainda de empresas terceirizadas para empreiteira (as quais seriam um quarto elo da cadeia produtiva).

Esses profissionais, de maneira conjunta, desenvolvem soluções tecnológicas e/ou gerenciais para que os riscos de segurança no trabalho sejam minimizados durante as atividades de construção civil, montagem mecânica ou comissionamento. Normalmente, fica em cargo dos engenheiros o desenvolvimento de soluções tecnológicas.

Assim sendo, os engenheiros de segurança, residentes ou de empresas externas se debruçam na elaboração, projeto e viabilidade da fabricação de soluções físicas para que estas atividades sejam realizadas com baixo grau de risco. A formalização do processo de desenvolvimento do produto é uma etapa ainda muito deficiente no Brasil, assim como boa parte das atividades de engenharia de uma maneira geral.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o processo de desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia. Utilizou-se como metodologia um estudo de natureza exploratória e de casos de projetos desenvolvidos para empresas empreiteiras no Brasil na condição de profissional externo. A divulgação desse conteúdo foi permitida por tais empresas de forma que possa ser divulgado livremente, resguardando, contudo, a identidade das mesmas.

Na seção a seguir é realizada uma breve revisão bibliográfica sobre metodologias de desenvolvimento do produto, bem como sobre engenharia de segurança no trabalho, visando dar o respaldo para o presente artigo na apresentação das soluções desenvolvidas. Para o desenvolvimento desta seção de revisão bibliográfica utilizou-se como procedimento de pesquisa a coleta de artigos científicos na plataforma Scielo® fazendo uso da devida inserção de palavras chave selecionadas estrategicamente.

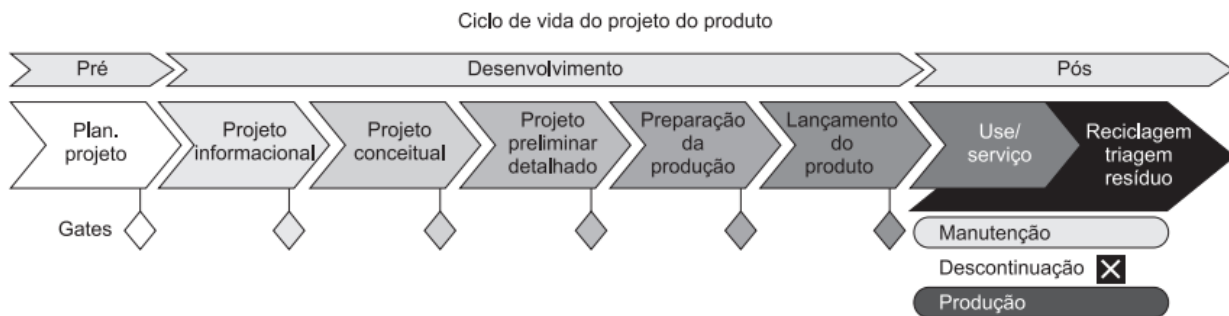
2. Processo de Desenvolvimento do Produto

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) envolve uma série de fases, tarefas e atividades que se complementam, variam entre si, simultâneas e sequenciais, e apresentam suas especificidades de acordo com o produto a ser desenvolvido. A partir dessa definição, observa-se que desenvolver produtos é uma atividade complexa que necessita ser controlada e gerenciada, para que um novo produto seja bem sucedido no mercado competitivo (GRZEBIELUCKAS; *et. al.*, 2011).

Essa complexidade faz com que a busca para aprimorar e tornar o processo de desenvolvimento de produtos mais eficiente e eficaz seja constante e proporcione uma gama de metodologias que ofereçam suporte teórico, recomendem procedimentos e forneçam técnicas e ferramentas úteis nas diversas fases do projeto (GRZEBIELUCKAS; *et. al.*, 2011).

O ciclo de vida do produto é dividido em etapas de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. A Figura 1 apresenta em detalhes as etapas do PDP juntamente com suas avaliações (*gates*), sendo estes simbolizados pelos losangos na cor de cada fase. As fases foram ordenadas em cores, a fim de demonstrar a evolução, a complexidade e alocação de recursos no processo de desenvolvimento de um produto que se inicia no verde e vai até o vermelho, no qual, neste último, é praticamente proibitiva uma mudança de escopo do produto ou projeto (LARSON; GOBELI, 1988; ROZENFELD *et. al.*, 2006 *apud* GRZEBIELUCKAS; *et. al.*, 2011).

Figura 1 – Ciclo de vida do produto. Fonte: Adaptado de Larson e Gobeli (1988); Rozenfeld; et al. (2006)



Apesar de apresentarem suas especificidades, as propostas de processo para o desenvolvimento de novos produtos compartilham as mesmas diretrizes e apresentam recomendações comuns, com conceitos e objetivos similares, os quais são identificados, direcionados e valorados pelo consumidor. Fatores estes que irão garantir a sua sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo (GRZEBIELUCKAS; *et. al.*, 2011).

Considerando que todo produto é projetado para ser utilizado por ou para alguém, todas as propostas metodológicas recomendam que se faça um bom levantamento de informações sobre o segmento-alvo deste produto, no intuito de identificar as necessidades dos consumidores para, com base nos dados obtidos, definir os requisitos do produto. No entanto, somente adotando procedimentos eficazes e conhecendo bem o *target* (alvo), será possível identificar as necessidades e os desejos reais dos consumidores (GRZEBIELUCKAS; *et. al.*, 2011).

Modelos de referência como o mostrado na Figura 1 podem ser entendidos como diretrizes, procedimentos e critérios de decisão para o sucesso no processo de desenvolvimento de produtos (PDP). Eles objetivam prover um meio para introduzir produtos lucrativamente no mercado. Estudos de benchmarking clássicos, como Cooper e Kleinschmidt (1995) e Griffin (1997), apontam entre as melhores práticas em PDP que a utilização dos modelos de referência é um fator crítico de sucesso para melhoria do PDP e para a lucratividade dos novos produtos (BARBALHO; ROZENFELD, 2013).

Nesse sentido, a presente pesquisa contribui com a literatura relacionada à exploração e explicitação de conceitos de desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia.

3. Engenharia de Segurança no Trabalho

As boas práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho (SST) normalmente são prescritivas e possuem princípios implícitos. Contudo, uma vez que não sejam conhecidos os princípios subjacentes às práticas de gestão, torna-se mais difícil manter o sistema de gestão de SST (SGSST) continuamente adequado às mudanças no sistema sócio técnico em que a organização está inserida (REIMAN; OEDEWALD, 2009 apud CARIM JUNIOR; SAURIN, 2011).

Neste sentido, existem as normas regulamentadoras (NRs) de SST as quais preconizam comportamentos, diretrizes e formulações acerca da atuação profissional de técnicos, engenheiros, gestores e operadores.

Entre elas está a NR 12 que define 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 fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais normas regulamentadoras (GUIA TRABALHISTA, 2020).

No tocante ao projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição a legislação preconiza que o projeto deve levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas indicadas na norma NR 12 (GUIA TRABALHISTA, 2020).

O projeto da máquina ou equipamento não deve permitir erros na montagem ou remontagem de determinados peças ou elementos que possam gerar riscos durante seu funcionamento, especialmente quanto ao sentido de rotação ou deslocamento (GUIA TRABALHISTA, 2020).

Seguindo estas diretrizes e contribuindo com a literatura, na próxima seção a presente pesquisa apresenta o desenvolvimento metodológico de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia.

4. Metodologia de Desenvolvimento de Produtos Mecânicos de Segurança no Trabalho

O desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia explorado nesta pesquisa normalmente é de natureza híbrida já que reúnem características de estudos baseados em observações empíricas e resoluções analíticas e/ou computacionais.

A primeira etapa do desenvolvimento é a coleta de informações de campo, que são os requisitos do projeto, tais como dimensões e formas dos produtos em questão. Após esta

coleta de dados que pode ser feita presencialmente, em campo, ou virtualmente por meio das tecnologias da informação e comunicação.

Após essa etapa é realizado o desenvolvimento computacional do modelo tridimensional (modelagem) por meio das técnicas de desenho. Esta é normalmente uma disciplina abordada nos cursos de engenharia, tecnologia ou técnico profissionalizante em mecânica. As técnicas de desenho exigem capacidade analítica e inteligência espacial por parte do engenheiro ou projetista. Justamente por isto, o conhecimento de disciplinas como Geometria Analítica e Álgebra Linear também é de grande importância para o desenvolvimento desta atividade. Conhecimentos em Cálculo Diferencial e Integral também ajudam a compreender a complexidade dos softwares de desenho.

Após a modelagem é chegado o momento da análise de tensões sobre a estrutura para saber se a mesma irá suportar os esforços para os quais foi projetada e se, assim, precisará ou não passar por algum ajuste na modelagem tridimensional. Assim, pode-se utilizar o mesmo software de desenho ou software específico para simulação numérica para realizar esta atividade.

A simulação numérica nada mais é do que o emprego de métodos numéricos tridimensionais, tais como o método dos elementos finitos ou o método dos volumes finitos para resolver as equações do estado de tensões sobre cada um dos pontos analisados ao longo da malha estabelecida sobre e dentro da estrutura tridimensional.

Antes de realizar a simulação uma etapa importante é a definição do material que se deseja empregar na estrutura/produto. Alguns dos materiais estruturais mais comuns são os aços ABNT 1020 (0,02% de teor de carbono), ABNT 1045 (0,045 %) e assim sucessivamente. Aplicações especiais podem exigir o uso de aços liga tais como os a base de nitrogênio ou os a base de cromo os quais são extremamente resistentes ao atrito, seja em operações de desgaste ou cavitação.

Nesse momento da seleção do material normalmente é possível acessar, dentro do software, uma tabela com as propriedades mecânicas e térmicas do mesmo, a fim de saber após o estudo numérico se este estará apto a atender as aplicações para o qual foi destinado.

Após a seleção do material deve-se selecionar qual é o tipo de estudo que se julga adequado para aquele tipo de aplicação, por exemplo, estudo linear estático. Um estudo linear considera a proporcionalidade entre as tensões aplicadas e as deformações obtidas, também podendo ser chamado de um estudo elástico. Um estudo estático considera que a estrutura está devidamente fixada no momento da aplicação das forças de forma que não ocorrem translações ou rotações significativas na mesma. Em suma, o estudo estático linear é o mais indicado para aplicações máquinas, equipamentos e dispositivos de segurança no trabalho.

Uma vez selecionados estes parâmetros pode-se selecionar os pontos onde serão aplicadas as forças, bem como a intensidade, direção e sentido destas. Após a configuração do carregamento, definem-se os parâmetros de fixação da estrutura, que pode ser pinada, isto é, suportada pontualmente ou ao longo de uma área, ou ainda, engastadas, isto é, sem possibilidade de mobilidade em determinada(s) direção(ões). O conhecimento de disciplinas como Mecânica Geral é importante para compreender esse fenômeno e tomar a decisão correta.

Tendo realizado estas etapas pode-se realizar a resolução numérica da estrutura. Dependendo do software utilizado é possível escolher a densidade de malha empregada na estrutura, isto é, mais fina, obtendo-se resultados mais acurados, ou mais grosseiros, obtendo-se resultados menos acurados. É importante observar que à critério da

densidade da malha o tempo de resolução varia, sendo maior para os casos de maior densidade de malha.

Resolvendo a malha na estrutura é possível analisar quais são as tensões atuantes em cada ponto da estrutura, as quais variam em uma escala diferencial, ou, ainda, podendo este ser chamado de gradiente de tensões que também é um assunto do Cálculo Diferencial e Integral. Como resultados obtêm-se as análises apresentadas na próxima seção.

5. Resultados

Entre as figuras 2 e 7 são apresentados os principais resultados de desenvolvimento de produtos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia, obtidos por meio da metodologia apresentada na seção anterior.

Figura 2 – Resultados numéricos do desenvolvimento computacional de um balancim com capacidade de carga de 6 toneladas

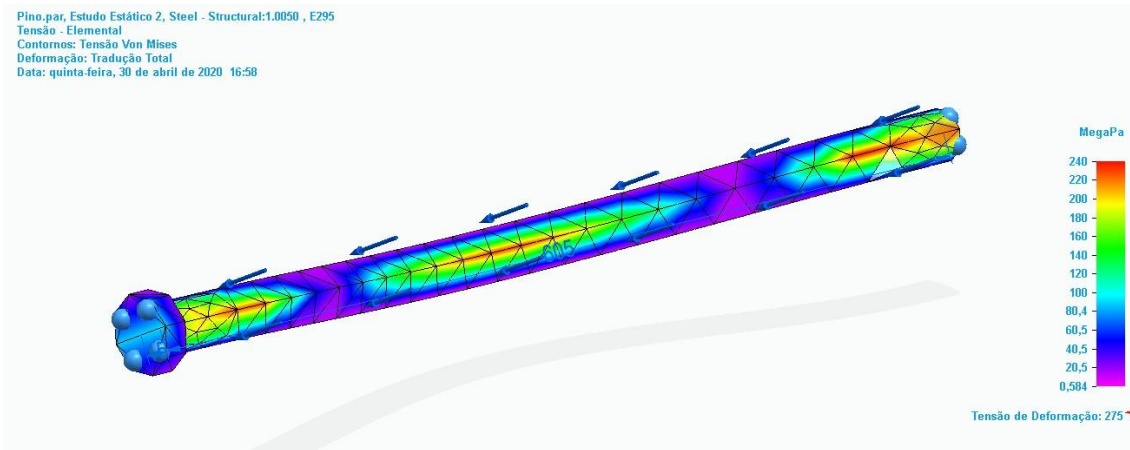


Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 2 elucida o desenvolvimento de um balancim com capacidade de carga de seis toneladas. Balancins são dispositivos que são suspensos em determinada altura necessária na operação, por meio do olhal de suspensão na parte central superior dos mesmos, de forma que nos olhais inferiores possa ser anexadas correntes e ganhos para realizar o içamento de cargas.

O uso de balancins é muito comum no setor de transmissão de energia durante a operação de içamento de bobinas de cabos de transmissão de energia ou de telecomunicações (OPGW) para o lançamento destes cabos nas linhas de transmissão então construídas.

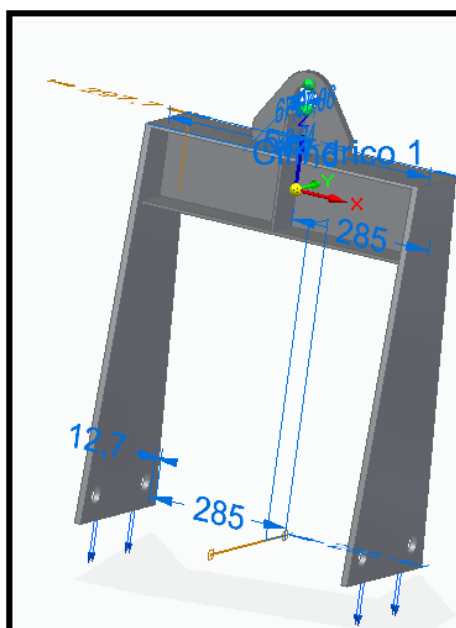
Figura 3 – Resultados numéricos do desenvolvimento computacional de um pino de fixação



Fonte: Aatoria própria (2020).

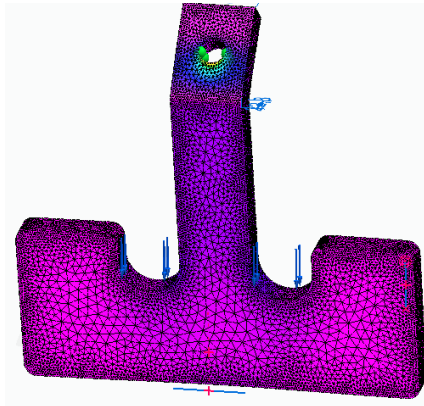
A Figura 3 elucida o desenvolvimento de um pino de fixação ou de travamento normalmente utilizados em balancins verticais, como o ilustrado na Figura 4. Por meio dos furos na parte inferior deste tipo de balancim é inserido esse pino, devidamente travado. Assim, correntes e ganchos podem ser utilizados na operação de içamento de cargas.

Figura 4 – Modelo tridimensional de um balancim do tipo vertical com capacidade de carga de 3 toneladas



Fonte: Aatoria própria (2020).

Figura 5 – Resultados numéricos do desenvolvimento computacional de uma chapa de arrancamento



Fonte: Aatoria própria (2020).

A Figura 5 elucida o desenvolvimento de uma chapa de arrancamento desenvolvida justamente para fins de testes de capacidade de carga que uma base de fundação de torre de transmissão é capaz de suportar. Este dispositivo realiza a tração da estrutura de fundação em cargas progressivas simulando a ação do vento em uma situação de uso real quando a torre está montada.

Figura 6 – Resultados numéricos do desenvolvimento computacional de uma chapa de fixação



Fonte: Aatoria própria (2020).

Complementando o uso do dispositivo apresentando na Figura 5, o dispositivo apresentado na Figura 6 é uma chapa de arrancamento a qual é utilizada de forma simétrica com uma outra chapa exatamente igual a essa devidamente parafusadas e, assim, abraçando um tubo que é ligado ao dispositivo da Figura 5 para realizar o procedimento de teste de carga.

Figura 7 – Resultados numéricos do desenvolvimento computacional de um cavalete com capacidade de carga de 6 toneladas



Fonte: Autoria própria (2020).

Por sua vez, o dispositivo apresentado na Figura 7 é um cavalete que sustenta a base da torre no momento em que esta vai ser devidamente alocada na fundação civil. É um procedimento que exige sensibilidade por parte dos operadores para que seja realizada uma alocação dentro das dimensões definidas, respeitando as ordens topográficas.

Assim, nos modelos apresentados nas Figuras 2 até a 7 é possível visualizar o estado de tensões ao longo da superfície de cada uma das estruturas com base na escala de cores definida pelo software. Para que a estrutura suporte o estados de tensões atuantes sobre ela, a máxima tensão atuante sobre a estrutura indicada na escala ao lado direito da mesma não pode ser superior à tensão de escoamento do material escrita na parte inferior da escala e também acessível na tabela de propriedades do material.

Esses exemplos elucidam estudos de resistência dos materiais ou mecânica dos sólidos, mas estudos análogos podem ser conduzidos em termos de gradiente de temperaturas, transferência de calor ou propriedades mecânicas de escoamentos de fluidos, quando for o caso da aplicação em questão, complementando, assim, um corpo de conhecimentos acerca do desenvolvimento de produtos mecânicos.

6. Conclusões

Conclui-se que o desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho é uma ferramenta essencial para o bom funcionamento das atividades de transmissão de energia com o intento de resguardar a segurança dos profissionais e a integridade dos demais recursos. O uso de ferramentas computacionais também se mostra fundamental para obter resultados mais acurados possíveis.

Referências

Livro

REIMAN, T.; OEDEWALD, P. **Evaluating safety-critical organizations**: emphasis on the nuclear industry. Espoo: Technical Research Center of Finland, 2009.

ROZENFELD, H. *et. al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

Artigo de periódico

BARBALHO, S. C. M.; ROZENFELD, H. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos (MRM): Validação e resultados de uso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 162-179, 2013.

CARIM JÚNIOR, G. C.; SAURIN, T. A. Propostas de melhorias em um método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 165-180, jan./mar. 2011.

COOPER, R.; KLEINSCHMIDT, E. J. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v. 12, n. 5, p. 374-391, 1995.

GRIFFIN, A. PDMA research on New Product Development practices: updating trends and benchmarking best practices. **Journal of Product Innovation Management**, v. 14, n. 6, p. 429-458, 1997.

GRZEBIELUCKAS, C. *et. al.* Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do design: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 2, p.337-350, 2011.
LARSON, E. W.; GOBELI, D. H. Organizing for product development projects. **Journal of Product Innovation Management**, v. 5, p. 180-190, 1988.

Internet

GUIA TRABALHISTA. **Norma Regulamentadora de Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos – NR 12**. Disponível em: <
<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>> Acesso em: 06 Ago. 2020.