

## USO DA REALIDADE VIRTUAL APLICADO NO ESTUDO DE SEGURANÇA DO TRABALHO E OS IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE

Iuri Robston Rodrigues<sup>1</sup> (IC), Denise Ransolin Soranso (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá.

**Palavras-chave:** Mapeamento de processos. Segurança. Simulação. Realidade Virtual.

### Introdução

Com o crescimento industrial, principalmente, no aspecto tecnológico, as condições de trabalho estão sempre em constante mudanças (SOUSA, 2013). Há uma tendência de que os processos de produção industrial sejam cada vez mais eficientes e flexíveis, com a garantia de prazos curtos de entrega de produtos, tendo maior produtividade com um menor número de pessoas, o que muitas vezes resulta na intensificação do trabalho, gerando condições desfavoráveis ao trabalhador (PINTO; TERESO; ABRAHÃO, 2018).

Quando em um processo de trabalho não são considerados esses mecanismos de adaptação, o trabalho realizado pelo trabalhador é dificultado, favorece a ocorrência de erros e, conseqüentemente, influencia na produtividade final dos serviços e produtos prestados.

De acordo com o item “aspectos ergonômicos” da NR-12, elaborado em conformidade com os requisitos da NR 17 sobre Ergonomia (BRASIL 2023c), os postos de trabalho devem ser projetados para permitir a alternância de postura e movimentação adequada dos segmentos corporais, garantindo um espaço suficiente para a operação dos controles nele instalados. Além disso, as dimensões dos postos de trabalho das máquinas e equipamentos devem atender às características antropométricas e biomecânicas do operador, com respeito aos alcances dos segmentos corporais, assegurar a postura adequada, de forma a garantir posturas confortáveis na posição de serviço e evitar a flexão e a torção do tronco de forma a respeitar os ângulos e trajetórias naturais dos movimentos corpóreos, durante a execução das tarefas (BRASIL, 2023a).

Com base nas informações apresentadas, este trabalho teve como objetivo realizar a adequação do layout do processo produtivo de uma empresa de cabeamentos elétricos com base na aplicação dos critérios normativos de segurança do trabalho associado ao uso de ferramentas de simulação.

### Metodologia

O desenvolvimento do projeto foi realizado no setor

produtivo chamado de grupo de transferência (GT) de uma empresa de cabeamentos elétricos localizada no Sul do Estado de Minas Gerais.

O processo produtivo em análise tem como máquina principal a GT-01, que recebe a ordem de programação do fio impressa pelo computador disponível neste setor. Nessa ordem, estão as especificações do fio, tais como comprimento, material, espessura etc, é a partir dela onde começa o nosso processo produtivo.

Utilizamos a plataforma BPMN.iO como ferramenta de identificação de atividades e sequenciamento, o que proporcionou melhor entendimento de como era realizado todo o processo, o que proporcionou um melhor entendimento do setor e facilitou a identificação e visualização dos riscos no grupo de transferência analisado.

Além disso, foi realizada uma medição do tempo e a metragem das máquinas e do local do processo na empresa. Para isso, foram realizadas visitas na empresa para a cronometragem das etapas do processo, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto final. Através de uma trena foram obtidas as medidas das máquinas GT-01 e GT-02, também foi feita a metragem do espaço entre elas junto com os parques de bobinas e a área do computador. Em seguida, comparamos os valores obtidos com os dados fornecidos pela empresa, que nos disponibilizou a planta baixa no software AutoCAD. A medição nos permitiu avaliar a eficiência e a qualidade do processo de cabeamento de fios.

Com o mapeamento realizado, demos início a simulação do processo do GT com o objetivo de avaliar o desempenho e o impacto das melhorias propostas. Para isso, utilizamos o software FlexSim, uma ferramenta que permite modelar e simular processos complexos de forma dinâmica e interativa. O software recriou por meio de um ambiente simulado, o fluxo de trabalho do GT, consideramos todos os aspectos identificados no mapeamento e os obtidos através de visitas à empresa de cabeamentos. A simulação permitiu analisar diferentes cenários e indicadores, tais como tempo, riscos, qualidade do trabalhador e produtividade.

Após a criação do processo no software, foi realizada uma análise de segurança do trabalho no processo do

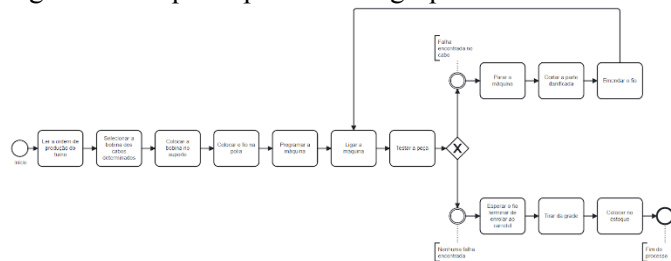
GT, com o propósito de identificar e prevenir possíveis falhas e riscos de acidentes. Para isso, a utilização do software FlexSim para modelar e simular o ambiente de trabalho foi fundamental, considerando os aspectos ergonômicos, de proteção individual e de sinalização. O software também nos permitiu desenvolver um novo arranjo físico que otimiza o espaço e a segurança dos trabalhadores. A análise de segurança foi baseada nas Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, especialmente as NR 06 (Equipamento de Proteção Individual), NR 12 (Segurança em Máquinas e Equipamentos), NR 17 (Ergonomia) e NR 26 (Sinalização de Segurança).

Por fim, os modelos foram aplicados em realidade virtual possibilitando a continuidade para outros projetos de pesquisa, que por meio da incorporação dos resultados, servirão como ferramenta para a prática do estudo de percepção de riscos no ambiente de trabalho.

### Resultados e discussão

De maneira geral, o grupo de transferência é um setor produtivo com a função principal de identificar possíveis falhas nos cabos, que se necessário, são talhados e emendados como processo de correção do problema de qualidade do produto, conforme o mapeamento realizado do processo na Figura 1.

Figura 1 – Mapa do processo no grupo de transferência.



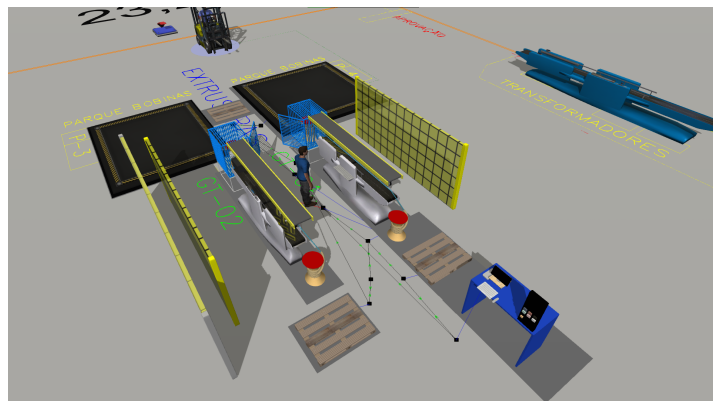
Fonte: autoria própria.

O método consiste nas seguintes etapas: (1) leitura da ordem de produção no computador pelo operador; (2) seleção e posicionamento da bobina com o fio ao lado do sistema de polias; (3) programação, configuração e ativação da máquina para iniciar a passagem do fio pelo sistema e detectar falhas no produto; (4) enrolamento do cabo em uma bobina no final do processo, caso não haja falhas; corte e emenda da parte danificada, caso haja falhas, e reinício da máquina. O cabo produzido é então levado para o estoque com o selo de aprovação.

Foi por meio deste mapeamento de processo, no qual o modelo de simulação no software Flexsim começou a ser desenvolvido, conforme é possível visualizar na

Figura 2.

Figura 2 – Modelo 3D do processo produtivo real de estudo.



Fonte: autoria própria.

O modelo reproduziu fielmente o arranjo físico do setor, incluindo todos os recursos, como máquina, sistema de polias, trabalhadores em operação, estoque, paletes, bobinas, paleteira elétrica e computador. Com o software, foi possível a simulação das atividades do processo produtivo, desde a programação da máquina pelo trabalhador até o transporte das bobinas e os paletes. Com isso tornou-se possível realizar uma análise real e detalhada e identificar as atividades que agregam valor ou que representam riscos à segurança do trabalhador.

Após recriar o layout do processo produtivo do grupo de transferência, foi realizada a identificação dos riscos de acidentes e ergonômicos do local com base em informações coletadas in loco e em conversas com os trabalhadores. Além disso, foram feitas consultas a documentos de segurança da empresa, bem como realizadas verificações nas Normas Regulamentadoras aplicáveis aos riscos identificados, conforme descrição abaixo:

**-Risco de cortes ou esmagamentos** na preparação de transferência, quando o operador desenrola os cabos manualmente e se expõe às partes móveis das máquinas. Esse risco está relacionado à **NR 12**, que trata da segurança em máquinas e equipamentos.

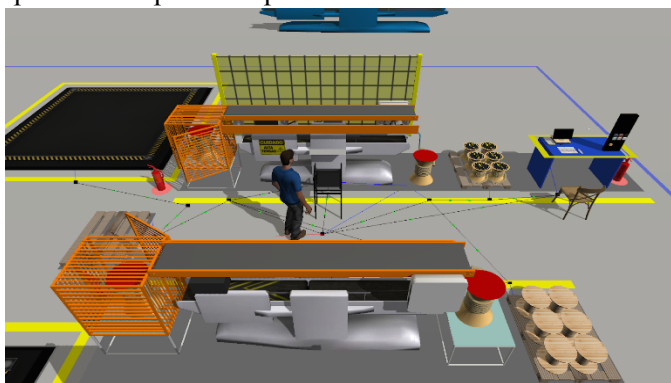
**-Risco de aprisionamento** das mãos ou dedos na transferência dos cabos, quando o operador interage com o sistema de polias. Esse risco também está relacionado à **NR 12**.

**-Risco ergonômico** no armazenamento, transferência e posicionamento das bobinas, quando o operador manipula objetos com peso e altura inadequados, podendo afetar a coluna lombar. Esse risco está relacionado à **NR 17**, que trata dos aspectos ergonômicos do trabalho.

**-Risco de acidentes** nos fluxos de trabalho, quando há falta de sinalização adequada dos componentes e do setor, podendo causar colisões entre os colaboradores e as paletesiras elétricas. Esse risco está relacionado à **NR 26**, que trata da sinalização de segurança.

Após uma análise aprofundada dos riscos e dos pontos de otimização, foi possível aprimorar o layout conforme Figura 3.

Figura 3 – Modelo 3D com as melhorias propostas aplicadas no processo produtivo.

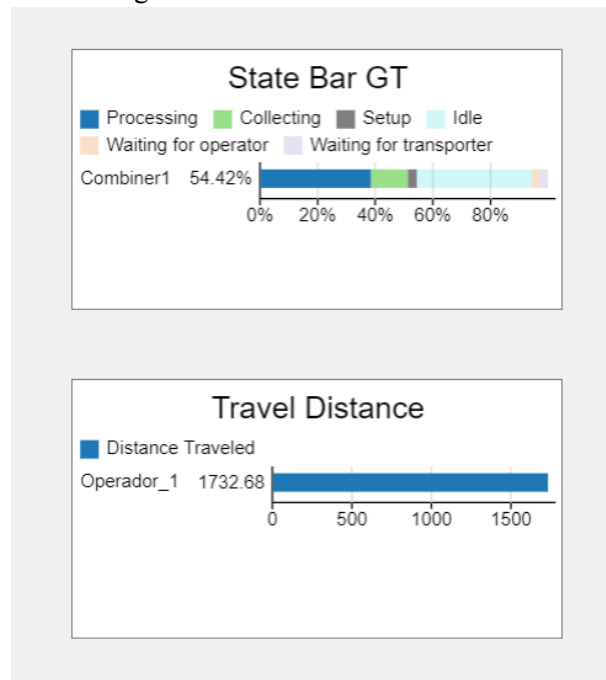


Fonte: autoria própria.

Foram implementadas diversas melhorias no processo produtivo, visando aumentar a segurança, a ergonomia e a eficiência dos trabalhadores. Entre as melhorias, destacam-se: a padronização das cores dos sistemas de proteção, conforme a sinalização recomendada pela NR 26; a instalação de proteções nas zonas de perigo das máquinas e da polia, conforme a NR 12; a disponibilização de assentos ergonômicos, que permitem a alternância de posturas e reduzem a fadiga muscular, conforme a NR 17; e a ampliação do espaço entre as máquinas, que facilita a movimentação e evita restrições à mobilidade dos trabalhadores. Essas melhorias contribuem para a melhoria das condições de trabalho e para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.

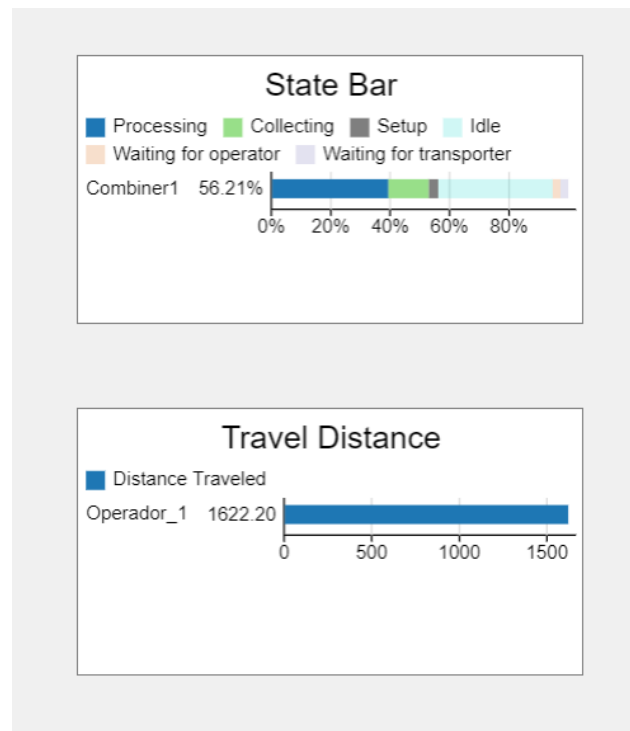
Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar o impacto das melhorias propostas no processo produtivo sobre a produtividade e a ergonomia dos trabalhadores. Para isso, foram realizados dois estudos comparativos entre a situação atual e a situação melhorada, utilizando os dados coletados. Os resultados desses estudos são apresentados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Porcentagem de operação do GT-01 e a distância percorrida pelo trabalhador no processo produtivo original.



Fonte: autoria própria.

Figura 5 – Porcentagem de operação do GT-01 e a distância percorrida pelo trabalhador no modelo melhorado.



Fonte: autoria própria.

O primeiro gráfico da Figura 4 apresenta a porcentagem de tempo que a máquina passou em cada etapa do processo produtivo em um ciclo. O ciclo produtivo começa com o recebimento da ordem de programação da GT pelo trabalhador e vai até a entrega do pallet com as bobinas prontas pela paleteira. Para o caso de simulação considerado neste trabalho, o ciclo produtivo teve uma duração média de 47 minutos e 5 segundos, ou seja, 2825,8 segundos. Esse tempo foi obtido a partir da análise dos dados coletados durante a simulação do processo produtivo.

O segundo gráfico da Figura 4, mostra a distância percorrida pelo trabalhador em todo o ciclo. A distância percorrida é medida em decímetros e representa o deslocamento do trabalhador entre as máquinas, onde é realizado o *setup* e processamento, e os locais de armazenamento de matéria-prima.

Por fim, na análise do gráfico da Figura 5, é possível verificar uma tendência de diminuição da distância percorrida pelo trabalhador (aproximadamente de 11 metros) e aumento na porcentagem de produção do processo (aproximadamente 1,8%), após a implementação das melhorias propostas. Isso demonstra que a melhoria das condições de segurança e ergonomia favoreceram a redução diretamente do esforço físico do trabalhador e proporcionaram aumento do desempenho produtivo.

### Conclusões

Por meio do software de simulação Flexsim, e do mapeamento de processos realizado, foi recriado o setor estudado da empresa de cabeamentos elétricos em ambiente virtual. Isso tornou mais fácil identificar os riscos ocupacionais presentes no processo, e com base nas normas estudadas foram propostas melhorias de modo a contribuir na segurança do setor. Com isso, foi possível a construção de outro modelo para adequar o setor com as melhorias propostas.

Foi possível notar graficamente uma melhoria na produtividade do local após a aplicação do novo modelo, uma vez que o local se tornou mais organizado e mais dinâmico para a atividade do operador. Além disso, os assentos adicionados ao modelo novo também impactam na produtividade do trabalhador, já que estão diretamente relacionados à NR 17, a qual fundamenta aspectos ergonômicos, que também enquadraria o desconforto quanto ao posicionamento bipedal do operador durante a jornada de trabalho.

A criação desse recurso, será utilizado na continuidade do projeto, e tem como finalidade transformar os cenários simulados em ambiente de realidade virtual,

visando uso em treinamentos de percepção de riscos no ambiente de trabalho.

### Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade da Iniciação Científica.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

A Profa. Denise Ransolin Soranso por toda orientação, aos professores José Antonio de Queiroz e José Arnaldo Barra Montevechi pelo suporte no uso do laboratório de Simulação e ao Doutor Carlos Henrique dos Santos pelos ensinamentos com o uso do software.

### Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Normas Regulamentadoras**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>. Acesso em: 14 abril 2022.

SOUSA, E. J. S. **As mudanças tecnológicas e o desemprego**. 148 f. Dissertação (Mestrado em Economia Política) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

BAILENSON, J. N., YEE, N., BLASCOVICH, J., BEALL, A. C., LUNDBLAD, N., JIN, M. **The use of immersive virtual reality in the learning sciences: digital transformations of teachers, students, and social context**. *The Journal of The Learning Sciences*, v. 17, p. 102-141, 2008.