



REENGENHARIA ESTRATÉGICA DO LAYOUT E FLUXO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS: SOLUÇÕES INOVADORAS PARA MAXIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO

Guilherme Hoffmann Neres¹, Matheus dos Santos Barbosa de Oliveira², Jairo Muller Wolf³

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, Campus Curitiba-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR.
guihneres7@gmail.com

²Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, Campus Curitiba-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR.
matheusbb1504@outlook.com

³Orientador, Docente no Curso de Engenharia Mecânica, UNICESUMAR.. jairo.wolf@unicesumar.edu.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo modernizar a linha de produção do Weld Yoke, localizada no setor automotivo, por meio da aplicação integrada dos conceitos de manufatura enxuta, automação industrial e Indústria 4.0. Atualmente, a linha apresenta gargalos operacionais, baixa ergonomia e ausência de automação, fatores que comprometem a eficiência, a segurança e a qualidade do processo produtivo. A proposta consiste na reorganização do layout fabril, na padronização das atividades e na introdução de um braço robótico inteligente equipado com sensores, capaz de realizar a manipulação das peças com maior precisão e consistência. Essa solução visa reduzir os esforços manuais dos operadores, otimizar o fluxo de produção e minimizar riscos ergonômicos, garantindo maior confiabilidade ao processo. A metodologia adotada envolve a revisão bibliográfica, a modelagem da linha em ambiente virtual por meio do software FlexSim e a análise comparativa de desempenho entre os cenários com e sem automação. Os indicadores avaliados incluem tempo de ciclo, produtividade, ergonomia e utilização dos recursos disponíveis, assegurando uma análise abrangente da eficiência operacional. Os resultados obtidos demonstraram ganhos expressivos em termos de desempenho, segurança e conformidade com as normas regulamentadoras NR-12 e NR-17, além da melhoria da qualidade do produto final. A proposta mostrou-se tecnicamente viável e economicamente vantajosa, uma vez que reduz desperdícios, aumenta a padronização e fortalece a competitividade da linha de produção. Conclui-se que a modernização baseada em conceitos de manufatura enxuta, automação e Indústria 4.0 contribui diretamente para a criação de um ambiente de produção mais inteligente, seguro e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Automação industrial; Layout produtivo; Manufatura enxuta.

1 INTRODUÇÃO

A alta produtividade e busca por melhores performances no âmbito industrial fez com que diversas indústrias adotassem o método do Lean Manufacturing (Manufatura enxuta) ou Sistema Toyota de Produção (TPS) como uma das principais ferramentas comprovadas em melhoria contínua, redução de custos e maximização do valor do produto com a minimização dos desperdícios de processos (Womack & Jones, 2004).

A ausência de automação e de tecnologias alinhadas com a indústria 4.0 limita a modernização e a capacidade produtiva, prejudicando a competitividade no mercado. Nesse cenário, a modernização da linha, com o foco em inovação, segurança e conformidade normativa, torna-se essencial para garantir produtividade, redução de custos e sustentabilidade operacional.

Sendo assim, os princípios do Lean definem o valor do produto alinhando o fluxo de produção com a demanda do cliente, buscando a excelência e perfeição por meio da melhoria contínua do processo, eliminando desperdícios e possíveis retrabalhos (Ohno, 1997).

A automação industrial tem se tornado cada vez mais essencial para empresas que buscam aumentar a eficiência e a padronização de seus processos produtivos. Dentro



desse contexto, o uso de braços robóticos na automação de linhas de produção tem ganhado destaque, especialmente em tarefas repetitivas, de alta precisão e que exigem agilidade. Esses dispositivos permitem a execução de atividades com maior consistência, redução de erros e menores riscos para os operadores humanos (Groover, 2011).

Além dos benefícios já ditos, os braços robóticos permitem que a indústria possua um aumento de produtividade, maior consistência e qualidade do produto final, além de possibilitar redução de custo operacional, menor necessidade de retrabalho, desperdício de matéria-prima e economia com mão de obra em tarefas repetitivas e perigosas. Outro ponto relevante é a integração com sistemas inteligentes na Indústria 4.0 e a vantagem competitiva, visto que a empresa irá se destacar pela eficiência.

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A linha de produção do Weld yoke enfrenta uma série de desafios que comprometem sua eficiência, segurança e competitividade. A baixa operacionalidade dificulta a execução dos processos, tornando-os lentos, suscetíveis a erros e dependentes da intervenção manual, o que reduz a produtividade e a qualidade do produto final. Em termos de segurança, a ausência de sistemas modernos e a falta de adequação às normas regulamentadoras, como a NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos), expõem os operadores a riscos físicos e acidentes. Além disso, a baixa ergonomia do posto de trabalho, em desacordo com a NR-17 (Ergonomia), pode causar fadiga, desconforto e lesões musculoesqueléticas nos trabalhadores, acarretando afastamentos e perda de produtividade. O sistema atual é arcaico, sem automação ou inovações tecnológicas que permitam acompanhar os avanços da Indústria 4.0, limitando a capacidade de aumentar a eficiência, melhorar a qualidade e reduzir os custos. Os elevados custos de produção, resultantes da baixa eficiência e retrabalhos, comprometem a competitividade da linha no mercado. A não conformidade com as normas técnicas também representa riscos legais e pode impactar negativamente a imagem da empresa.

A modernização da linha de Weld yoke é urgente e essencial para garantir um ambiente de trabalho seguro, saudável e produtivo. A adequação às normas regulamentadoras, especialmente a NR-12, que estabelece requisitos para a proteção dos operadores de máquinas e equipamentos, e a NR-17, que define parâmetros ergonômicos para postos de trabalho, é fundamental para minimizar riscos de acidentes e doenças ocupacionais. A baixa operacionalidade implica em processos lentos, falhos e custosos, dificultando a competitividade da empresa. A introdução de automação e tecnologias da Indústria 4.0 — como sensores inteligentes, sistemas de monitoramento em tempo real e controle automatizado — pode otimizar a produção, reduzir erros e desperdícios, e diminuir o esforço físico dos operadores. Além disso, a conformidade com normas técnicas de qualidade, como as normas ISO aplicáveis à indústria automotiva (por exemplo, ISO/TS 16949), assegura padrões elevados de qualidade e confiabilidade do produto. Investir em melhorias que integrem segurança, ergonomia, inovação tecnológica e adequação normativa contribui para a sustentabilidade operacional, redução dos custos totais e fortalecimento da posição da empresa no mercado global.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal a modernização da linha de produção do weld yoke, promovendo melhorias significativas nos aspectos de segurança, ergonomia, eficiência operacional e conformidade com as normas regulamentadoras vigentes. Para isso, busca-se adequar o processo produtivo às exigências das Normas Regulamentadoras, especialmente a NR-12, que trata da



segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, e a NR-17, que estabelece parâmetros ergonômicos para os postos de trabalho, garantindo a proteção dos operadores e o atendimento às obrigações legais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia deste trabalho foi estruturada a partir de uma abordagem de pesquisa aplicada, com caráter qualitativo e quantitativo, conduzida em três etapas principais: levantamento teórico, modelagem e simulação computacional, e análise dos resultados obtidos.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica aprofundada que contemplou os principais conceitos relacionados à automação industrial, à robótica aplicada à manufatura e ao uso de simulações em ambientes produtivos. Foram utilizados livros técnicos de engenharia de produção, artigos científicos indexados em bases de dados acadêmicas, bem como manuais e catálogos técnicos de fabricantes de robôs industriais. Essa revisão possibilitou não apenas identificar tecnologias aplicáveis ao setor automotivo, mas também compreender as práticas de mercado e os avanços recentes relacionados à Indústria 4.0. Além disso, foi realizada uma análise crítica de casos práticos publicados, o que serviu como referência comparativa para a definição do escopo deste estudo.

A segunda etapa consistiu na modelagem e simulação da linha de produção por meio do software FlexSim, ferramenta reconhecida na área de engenharia de produção pela sua capacidade de representar sistemas produtivos de forma dinâmica e parametrizável. Inicialmente, foram estabelecidas as fronteiras do modelo, definindo quais etapas do processo seriam contempladas. Em seguida, foram coletados dados de entrada essenciais, como tempos médios de operação, tempos de transporte, índices de falha, taxa de ocupação dos operadores e parâmetros de layout físico. Com esses dados, foi construído o modelo base sem automação, que representou o fluxo de trabalho tradicional da linha de montagem.

Posteriormente, foi inserido o cenário com automação parcial, integrando um braço robótico ao processo. Esse robô foi configurado para desempenhar uma função simples, mas estratégica: a manipulação e transferência de peças. A parametrização levou em consideração restrições físicas, como alcance, tempo de ciclo, zonas de segurança e sincronização com os demais recursos. A programação do robô no ambiente virtual buscou simular de forma realista suas condições de operação, incluindo tempos de aceleração e desaceleração, além da interação com sensores e pontos de parada. Após a modelagem, o sistema foi submetido a um processo de validação, comparando-se os resultados preliminares com dados de referência encontrados na literatura e com práticas observadas em linhas reais.

Na terceira etapa, foram conduzidas análises comparativas de desempenho entre os cenários com e sem automação. Entre os indicadores observados destacam-se: tempo de ciclo médio, taxa de utilização dos recursos, produtividade horária, eficiência global do equipamento (OEE), taxa de ocupação dos operadores, tempo de espera em filas e número de movimentações realizadas. Além disso, foi avaliado o impacto da automação na redistribuição da carga de trabalho, identificando possíveis novos gargalos criados a partir da introdução do robô.



2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação das melhorias propostas na linha de montagem automotiva resultou em avanços significativos na eficiência operacional, na ergonomia e na flexibilidade do processo produtivo. A partir de uma análise detalhada do layout existente, foram identificados pontos críticos relacionados ao fluxo de materiais, deslocamentos excessivos de operadores, gargalos logísticos e limitações na adaptabilidade da linha para diferentes modelos veiculares. Essas constatações estão alinhadas com o que Slack et al. (2018) e Tubino (2020) destacam em suas abordagens sobre gestão da produção: layouts mal configurados tendem a gerar desperdícios de tempo, excesso de movimentação e desequilíbrios entre estações, comprometendo diretamente a eficiência global do sistema.

Os resultados obtidos com a reorganização dos postos de trabalho e a implementação de ajustes nos dispositivos de fixação mostraram-se coerentes com a literatura sobre Lean Manufacturing. Womack e Jones (1997) enfatizam que a eliminação de movimentos desnecessários e a otimização do fluxo de materiais são etapas fundamentais para a redução dos sete desperdícios identificados pelo pensamento enxuto. Nesse sentido, as melhorias aplicadas contribuíram não apenas para elevar a produtividade, mas também para aumentar a confiabilidade e a qualidade dos produtos finais, reduzindo índices de retrabalho e falhas associadas a erros humanos.

Além disso, a adequação do layout fabril e a consequente diminuição da sobrecarga física dos operadores reforçam o que Dul e Weerdmeester (2008) argumentam sobre a importância da ergonomia industrial. Segundo os autores, ambientes produtivos projetados de forma a reduzir esforços repetitivos e posturas inadequadas impactam diretamente na segurança e no bem-estar dos trabalhadores, refletindo-se em menores taxas de afastamento e maior engajamento.

No que se refere ao desempenho produtivo, os ganhos observados no OEE da linha após a implementação das melhorias dialogam com o que Nakajima (1988) propõe em relação ao TPM (Total Productive Maintenance): ao reduzir perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade, obtém-se um aumento consistente na eficiência global do equipamento. Assim, o incremento do OEE nesta pesquisa não pode ser visto apenas como um indicador quantitativo, mas também como reflexo de um processo mais estável, flexível e menos suscetível a falhas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu avaliar, de maneira detalhada, o impacto das modificações implementadas na linha de montagem, considerando aspectos de produtividade, ergonomia e viabilidade técnica. Por meio do estudo e análise dos dados coletados, foi possível identificar melhorias significativas na eficiência operacional e na redução de gargalos produtivos, evidenciando que as ações propostas foram assertivas e alinhadas aos objetivos iniciais do projeto.

Além disso, a aplicação de ferramentas de engenharia e metodologias de melhoria contínua mostrou-se eficaz no diagnóstico e solução dos problemas identificados, servindo como base para futuras intervenções em processos similares. A análise comparativa antes e após as alterações confirmou que pequenas mudanças estruturadas e bem planejadas podem gerar impactos significativos na performance global da produção.

Por fim, destaca-se que este trabalho contribui para o avanço das práticas de engenharia de produção no contexto automotivo, oferecendo referências e soluções aplicáveis em outros cenários industriais. Como trabalhos futuros, recomenda-se a continuidade do monitoramento dos indicadores de desempenho, bem como a ampliação do estudo para incluir a análise de custo-benefício das melhorias implementadas e o uso



de tecnologias emergentes, como sistemas de monitoramento em tempo real e automação avançada.

4 REFERÊNCIAS

AGUIAR, G. F.; AGUIAR, B. C. X.; WILHELM, V. E. Obtenção de índices de eficiência para a metodologia Data Envelopment Analysis utilizando a planilha eletrônica Microsoft Excel. *Revista Da Vinci*, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 157–169, 2006.

BOCHI, L. C. Planejamento de layout industrial com apoio de ferramentas CAD. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 3, n. 12, 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

CIUPKA, P. H.; JACCOUD, C. F. T.; FONTES, T. F. C. A interferência dos gargalos de produção, suas causas, consequências e métodos para reduzir seus efeitos. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – CONBREPRO*, 1., 2011, Ponta Grossa. Anais [...]. Ponta Grossa: UEPG, 2011.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração da produção e operações: manufatura e serviços. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CONCEIÇÃO, Luiz Freitas. Segurança e saúde do trabalho. 3 ed., São Paulo, Editora Síbaló, 2016.

DELLA MANNA, Roberto. NR-12 Uma Norma Inexequível? *Revista CIESP*, Guarulhos-SP, ed.1 p. 28-32. 2013.

Ergonomia na empresa: útil, prática e aplicada. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2001.