



CENTRO UNIVERSITÁRIO ENIAC

AUTOR

Marcelo Silva Nascimento

ORIENTADOR

Prof. Me. Lucas Carlos de Sousa

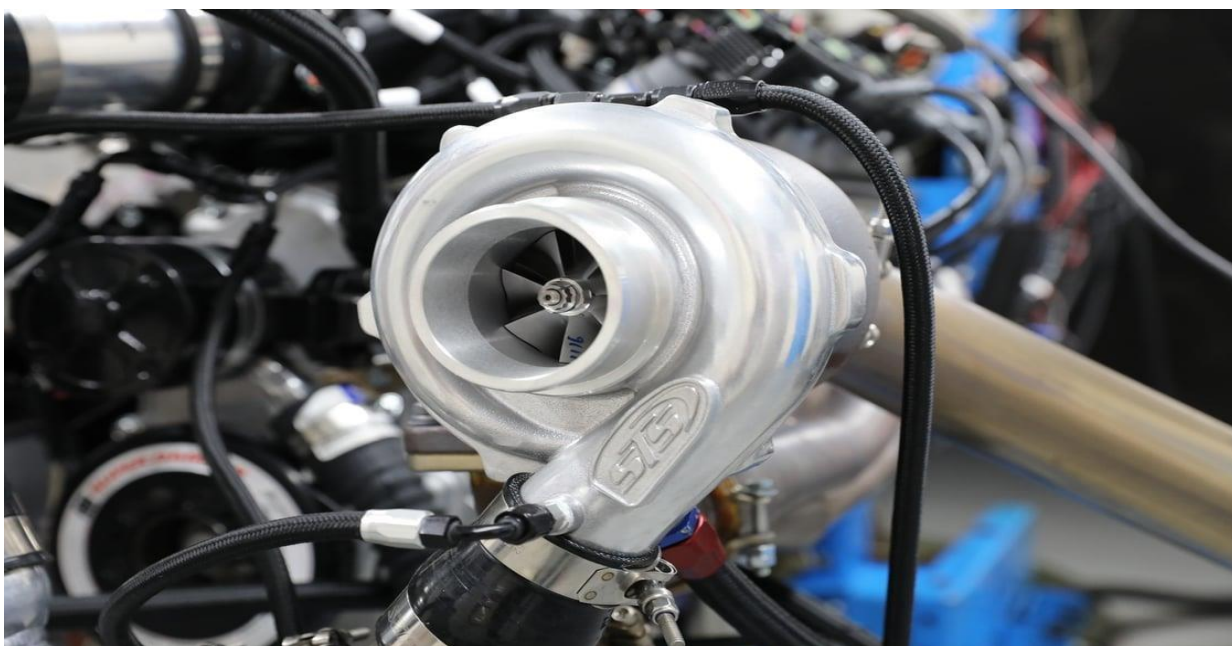
AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA

**Guarulhos
2024**

1. RESUMO

O artigo aborda os desafios no processo de acoplamento entre compressor e turbina na indústria de turbos alimentadores, na imagem da figura 1, especialmente na fase de aparafusamento, que, quando realizado manualmente, aumenta o tempo de ciclo e a variabilidade, prejudicando a eficiência. Como solução, propõe-se a automação do processo utilizando tecnologias pneumáticas e robôs colaborativos, o que promete melhorar a produção e a precisão. O estudo visa analisar o processo manual, investigar tecnologias de automação, comparar a eficiência entre os métodos manual e automatizado, além de avaliar o impacto na ergonomia dos operadores.

Figura 1 – Turbo Compressor para Motores.



Fonte: www.holley.com

A metodologia empregada combina análise qualitativa e quantitativa, com etapas que incluem a revisão do processo manual, o desenvolvimento de um modelo automatizado, testes de simulação e implementação em ambiente real. Os resultados preliminares indicam uma redução de 20% no tempo de ciclo e uma melhoria na uniformidade do torque aplicado. A automação também trouxe benefícios ergonômicos, com os operadores relatando menor esforço físico e redução no estresse muscular. O estudo conclui que a automação do aparafusamento torquado

não apenas melhora a produtividade e a qualidade, mas também proporciona um ambiente de trabalho mais seguro e menos exaustivo para os operadores.

Palavras-chave: automação, turbocompressor, robôs colaborativos, ergonomia, eficiência.

2. INTRODUÇÃO

No âmbito da indústria de turbos alimentadores, os processos de acoplamento entre compressor e turbina permanecem desafiadores, particularmente na fase de aparafusamento. A realização manual desse processo não só prolonga o tempo de ciclo, mas também eleva a variabilidade e o risco de erros, impactando diretamente a eficiência operacional segundo Billerbeck (2021). Diante dessas problemáticas, a automação do processo de aparafusamento torqueado apresenta-se como uma solução viável. A adoção de tecnologias como sistemas pneumáticos e robôs colaborativos não apenas promete aumentar a produção, mas também garantir maior precisão e qualidade ao produto final Kumar (2020).

3. OBJETIVOS

Este trabalho visa desenvolver uma proposta para automação do processo de aparafusamento torqueado na indústria de turbos alimentadores. Os objetivos específicos incluem:

- Analisar os tempos de ciclo do processo manual de aparafusamento e identificar suas variabilidades.
- Investigar as aplicações de tecnologias pneumáticas e de controle na automação industrial, destacando suas vantagens e desvantagens.
- Comparar a eficiência do processo automatizado proposto com o processo manual atual.
- Avaliar as condições de trabalho dos operadores antes e após a implementação da solução automatizada.
- Delimitar a necessidade de manutenção e atualizações da tecnologia utilizada no processo automatizado.

4. METODOLOGIA

Este estudo adotará uma abordagem mista, combinando análise qualitativa e quantitativa. As etapas incluem:

- Análise dos tempos de ciclo: Coleta de dados sobre o processo manual a fim de identificar variabilidades e pontos de melhoria.
- Revisão da literatura: Avaliação das tecnologias pneumáticas e de controle, analisando a aplicabilidade e impacto na automação.
- Desenvolvimento da proposta de automação: Elaboração de um modelo que integra sistemas pneumáticos e robôs colaborativos.
- Comparação de eficiência: Testes e simulações para evidenciar melhorias em termos de tempo de ciclo e qualidade.
- Avaliação das condições de trabalho: Análise dos impactos da automação na ergonomia e satisfação dos operadores.

5. DESENVOLVIMENTO

A pesquisa teve início com a análise detalhada do processo manual de aparafusamento, visto na figura 2, que revelou uma série de variabilidades e inconsistências no tempo de ciclo. Essas variabilidades foram atribuídas principalmente à intervenção humana, que, embora necessária em determinados pontos do processo, gerou maior suscetibilidade a erros.

Figura 2 – Aparafusamento realizado manualmente.

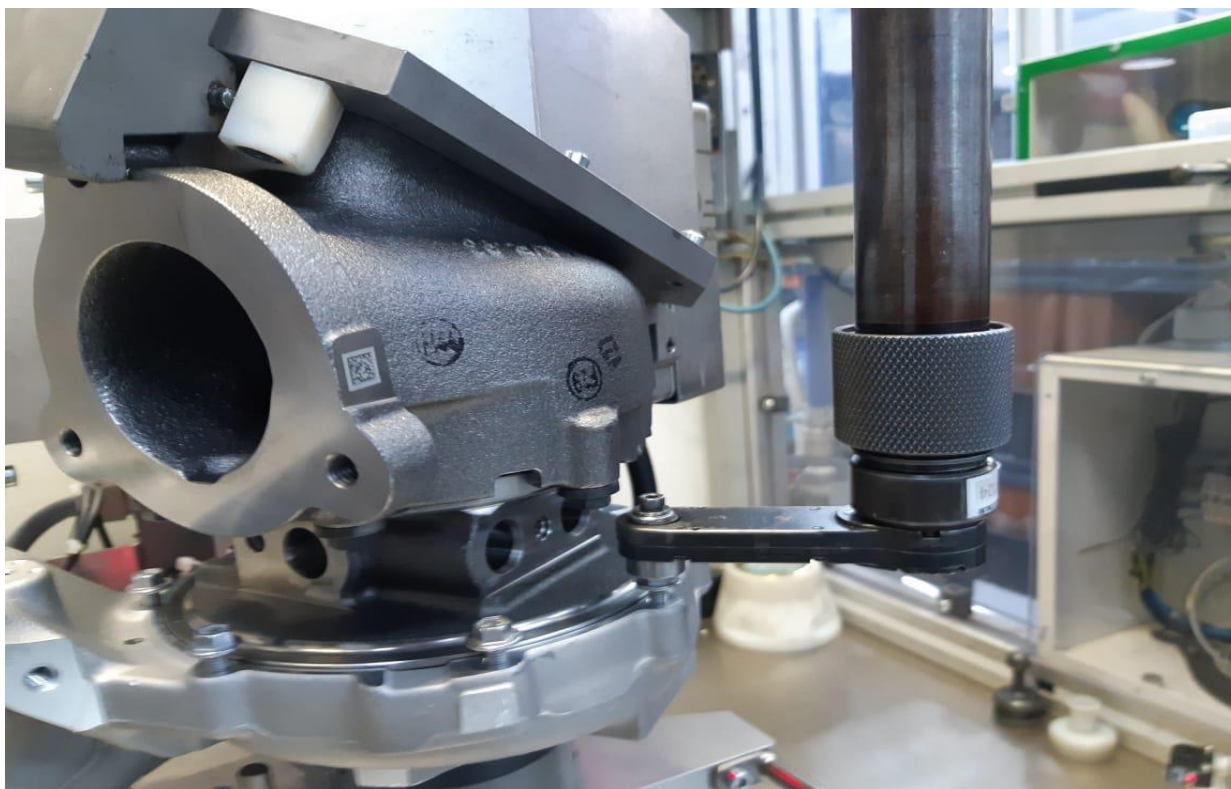


Fonte: O autor

Ao longo dessa fase inicial, foram documentados os diferentes tipos de parafusos utilizados, as características do torque aplicado e a repetibilidade dos operadores, além de serem observadas as condições físicas e ergonômicas do trabalho manual, considerando o esforço de inúmeras vezes por parte operacional

Em seguida, com base na revisão da literatura, foi desenvolvido um modelo preliminar para a automação do processo, integrando robôs colaborativos e sistemas pneumáticos de alta precisão, Siciliano (2016). A proposta inicial foi simulada em um ambiente controlado, o que permitiu avaliar, com maior clareza, as melhorias que a automação traria em termos de redução do tempo de ciclo e aumento da precisão do torque aplicado. Essas simulações indicaram uma redução significativa no tempo total de aparafusamento, além de uma melhoria na uniformidade do torque aplicado em todos os parafusos.

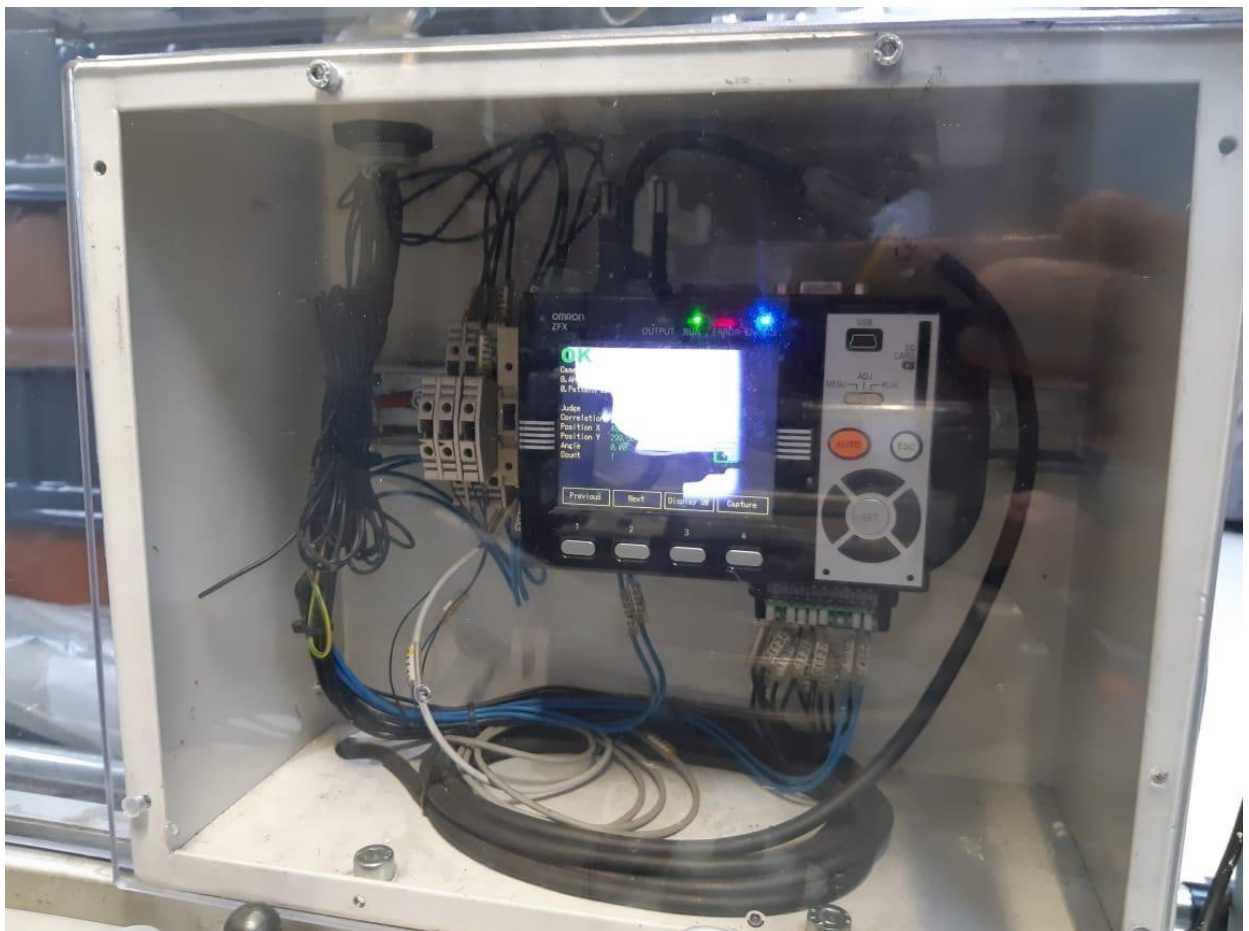
Figura 3 – Aparafusamento automatizado.



Fonte: O autor

O desenvolvimento avançou com a implementação de testes em ambiente real, utilizando um protótipo do sistema automatizado, segundo Craig (2017). A partir dessa fase, foram coletados dados preliminares que indicam melhorias evidentes em termos de produtividade e segurança no trabalho, confirmando as simulações realizadas. A nova solução mostrou-se promissora não apenas em termos de eficiência, mas também na redução do esforço físico dos operadores e na mitigação de riscos associados ao trabalho repetitivo. Relacionado com índices significativos nas estatísticas desta manufatura, houve uma evolução satisfatória no quesito de qualidade na redução de material discrepante, o que acalentava uma melhoria devido ao seu grande impacto na geração de materiais não conforme dentro do processo.

Figura 4 - Controlador eletrônico de ângulo e torque.



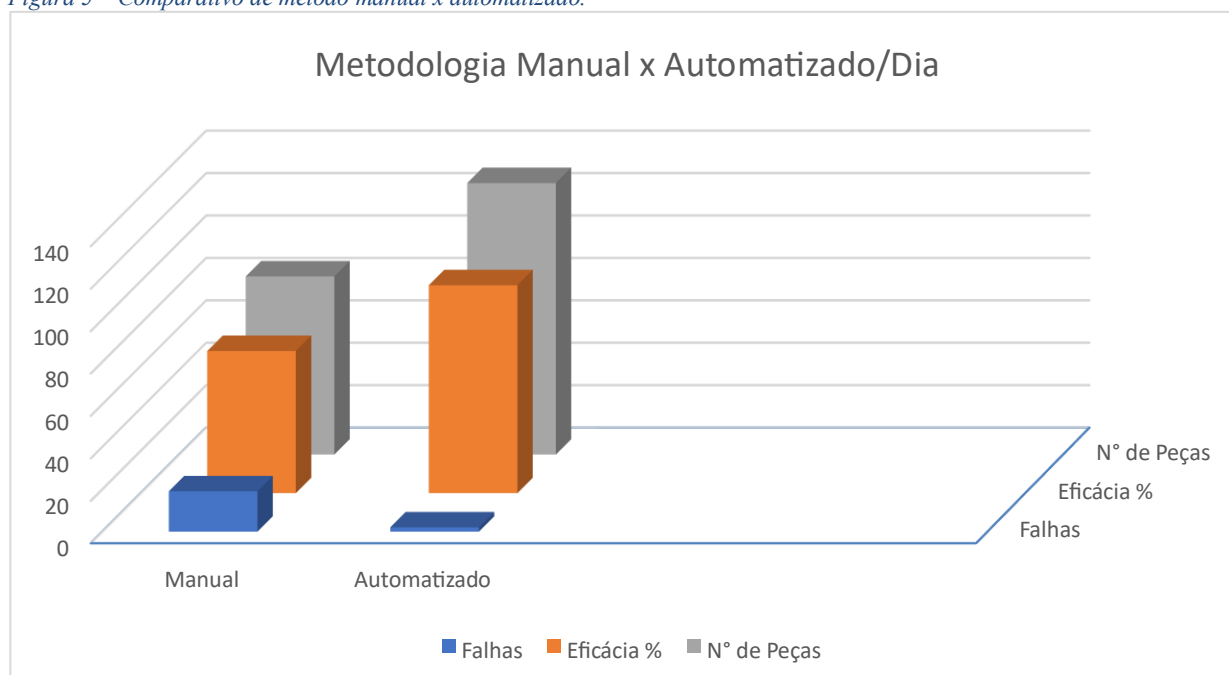
Fonte: O autor

6. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares indicaram uma melhora expressiva na eficiência do processo de aparafusamento torquado com a implementação da automação. Comparado ao processo manual, houve uma redução superior a 20% no tempo de ciclo de cada unidade produzida, o que se traduz em um aumento direto na produtividade da linha de montagem. Além disso, a uniformidade do torque aplicado foi superior, reduzindo a incidência de retrabalho e melhorando a qualidade final do produto.

O método aplicado passa a corrigir um gap persistente sobre a imprecisão na operação que exigiu planejamento estratégico no ataque da falha, entendendo por si sua relevância sobre o problema com a implantação de controle de imagem sensorial sobre o ângulo de aparafusamento e torque obtido em cada etapa dentro do ciclo na figura 3. Do ponto de vista dos operadores, os dados indicam uma melhora significativa nas condições ergonômicas. Os trabalhadores relataram uma diminuição do esforço físico requerido e uma redução no estresse muscular, uma vez que o robô colaborativo passou a executar as tarefas mais repetitivas e extenuantes. Esse resultado corrobora as expectativas iniciais de que a automação traria não apenas ganhos de eficiência, mas também melhorias substanciais no ambiente de trabalho, consolidando um processo eficiente com robustez comprovada na automatização da máquina.

Figura 5 – Comparativo de método manual x automatizado.



Com base nos dados coletados de produção, o aumento nos índices de produtividade fora visível comparado com a metodologia antiga, abrangendo o quesito de qualidade conforme foi descrito anteriormente, deixando amostra as mudanças e seus resultados na evolução da manufatura do processo em tema, conforme a figura 4, proposta no gráfico, otimizando a performance da máquina em relação ao ciclo programado.

7. FONTES CONSULTADAS

- Billerbeck, E., & Riedel, S. (2021). Collaborative Robots and Automation. Springer.
- Kumar, A., & Singh, R. (2020). Challenges and Solutions in the Automation of Turbocharger Assembly. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 10(1), 55-60.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). Springer Handbook of Robotics (2ª edição). Springer.
- Craig, J. J. (2017). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control* (4ª edição). Pearson.