

## **Gestão de acidentes de trabalho com robótica colaborativa**

### *Workplace accident management with collaborative robotics*

*Recebido: 29/06/2024 – Aprovado: 29/08/2024 – Publicado:10/10/2024*

*Processo de Avaliação: Double Blind Review*

#### **Agatha Cristye Pires dos Reis**

[Agatha.reis@fatec.sp.gov.br](mailto:Agatha.reis@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia Prefeito Hirant Sanazar (Fatec Osasco)

<https://orcid.org/0009-0009-4033-6629>

#### **Fernanda Martins Lopes Miranda**

[Fernanda.miranda01@fatec.sp.gov.br](mailto:Fernanda.miranda01@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia Prefeito Hirant Sanazar (Fatec Osasco)

<https://orcid.org/0009-0006-9186-8359>

#### **Caio Rasini de Lima Batista**

[Caio.batista@fatec.sp.gov.br](mailto:Caio.batista@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia Prefeito Hirant Sanazar (Fatec Osasco)

<https://orcid.org/0009-0006-9186-8359>

#### **Luis Felipe Pereira Gonçalves**

[luisgoncalves19@fatec.sp.gov.br](mailto:luisgoncalves19@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia Prefeito Hirant Sanazar (Fatec Osasco)

<https://orcid.org/0009-0005-4117-9865>

#### **Milton Domingos Xavier**

[Milton.dxavier@fatec.sp.gov.br](mailto:Milton.dxavier@fatec.sp.gov.br)

Faculdade de Tecnologia Prefeito Hirant Sanazar (Fatec Osasco)

<https://orcid.org/0000-0001-7606-9491>

## **RESUMO**



REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

Este estudo tem como objetivo analisar o impacto dos robôs colaborativos (cobots) na otimização dos processos de montagem em linhas de produção, com foco na segurança dos trabalhadores. A pesquisa avalia técnicas de gestão de cobots em linhas de produção e compara custos operacionais com e sem cobots. A metodologia adotada foi estudo de caso e pesquisa de campo. Os resultados indicam uma melhoria significativa na eficiência produtiva e na segurança dos trabalhadores, com uma redução nas lesões e nos custos operacionais. Conclui-se que a adoção de cobots é uma estratégia viável e vantajosa, com potencial de transformar a indústria de manufatura. As principais contribuições do estudo são a análise dos benefícios e desafios dos cobots e as recomendações para sua implementação eficaz.

**Palavras-chaves:** Cobots, Automação, Segurança, Eficiência.

## **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the impact of collaborative robots (cobots) on the optimization of assembly processes in production lines, focusing on worker safety. The research evaluates cobot management techniques in production lines and compares operational costs with and without cobots. The methodology adopted was a case study and field research. The results indicate a significant improvement in production efficiency and worker safety, with a reduction in injuries and operational costs. It is concluded that the adoption of cobots is a viable and advantageous strategy with the potential to transform the manufacturing industry. The main contributions of the study are the analysis of the benefits and challenges of cobots and recommendations for their effective implementation.*

**Keywords:** Cobots, Automation, Safety, Efficiency.



## 1. INTRODUÇÃO

A robótica colaborativa é uma inovação que está transformando a indústria moderna. Essa nova abordagem proporciona uma série de benefícios, incluindo aumento da eficiência produtiva, melhoria na qualidade do trabalho e, principalmente, um impacto positivo na segurança dos trabalhadores. Além disso, os robôs colaborativos possuem sensores avançados e algoritmos de inteligência artificial que permitem uma interação mais intuitiva e segura com os operadores humanos, aumentando ainda mais a eficácia e a segurança das operações.

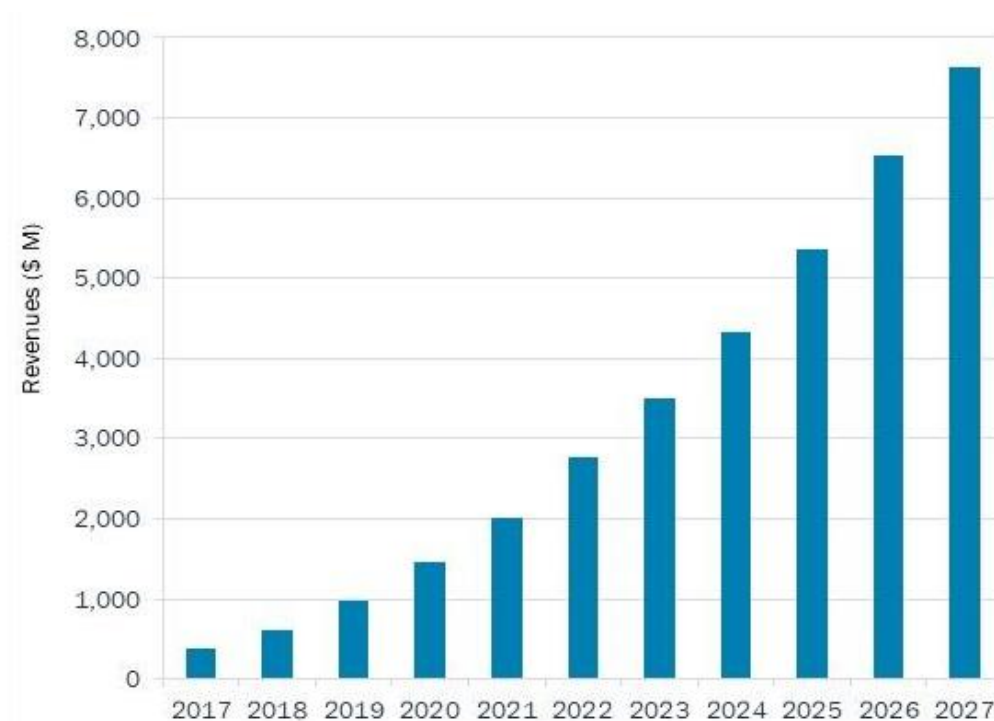
A integração de robôs colaborativos em linhas de produção tem mostrado resultados promissores em diversas indústrias. Segundo a International Federation of Robotics (2018):

A densidade de robôs industriais, incluindo robôs colaborativos, nas indústrias está crescendo rapidamente, com uma expectativa de aumento de 15% ao ano até 2025. Esses robôs são equipados com avançados sistemas de segurança que permitem parar automaticamente ao detectar a presença de um humano, além de serem facilmente programáveis e reconfiguráveis para diferentes tarefas (Universal Robots, 2020).

O gráfico 1 mostra essa tendência de crescimento exponencial do mercado de cobots:



Gráfico 1 – Previsão para receitas de robôs colaborativos



Fonte: Robotics Tomorrow (2018)

Esses dados, fornecidos pela Robotics Tomorrow (2018), fornecem uma base sólida para a projeção de aumento na adoção de cobots, mostrando um crescimento consistente e robusto que reflete a crescente confiança das indústrias nessa tecnologia.

Os estudos indicam que a adoção de robôs colaborativos pode reduzir significativamente o tempo de inatividade e melhorar a eficiência operacional, proporcionando um retorno sobre o investimento mais rápido para as empresas.

Na gestão de cobots em linhas de produção, diversas técnicas avançadas são aplicadas para otimizar a operação industrial de forma eficiente e segura. Uma das principais técnicas é o planejamento integrado dos cobots no ambiente produtivo. Segundo Micieta et al. (2023), para alcançar a implementação bem-sucedida de cobots é necessário



prestar atenção à interface dos sistemas operacionais dos robôs com os sistemas de controle de manufatura no nível de processo de uma empresa. Essa abordagem permite uma alocação estratégica dos cobots, otimizando fluxos de trabalho e melhorando a flexibilidade da produção para responder às variações de demanda.

Além do planejamento integrado, a utilização de estratégias de manutenção preditiva é fundamental para a gestão eficiente dos cobots. Conforme a GTR Consultoria (2017), a manutenção preditiva é baseada em dados coletados por sensores para monitorar a condição dos equipamentos e prever falhas antes que elas ocorram. A implementação de sistemas de monitoramento avançados tem sido fundamental para garantir a disponibilidade contínua dos cobots. Permitindo combinar a performance repetitiva dos robôs com a destreza e habilidade dos seres humanos (Silva et al., 2019).

Outra técnica relevante é a implementação de medidas avançadas de segurança. Conforme discutido por Heindl et al. (2019), sistemas como sensores de proximidade e câmeras de visão computacional são usados para monitorar continuamente a interação entre humanos e cobots. Eles observam que essas tecnologias permitem que os cobots ajustem automaticamente sua velocidade e força na presença de trabalhadores humanos, minimizando o risco de acidentes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A robótica colaborativa, ou cobots, surgiu para integrar de forma eficiente e segura a automação com o trabalho humano, atendendo às demandas da Indústria 4.0. Segundo a ISO 10218-1, os cobots devem possuir parada automática de segurança, capacidade de aprendizado manual, ajuste automático de velocidade na presença de humanos e limitação de potência e força em situações anormais (ISO, 2011), garantindo operações seguras ao lado de humanos.



REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

Os robôs colaborativos são projetados para serem seguros e fáceis de usar. Eles são equipados com sensores avançados que permitem detectar a presença de humanos e ajustar suas operações para evitar acidentes. Os cobots são programáveis e podem ser reprogramados de forma rápida e fácil para executar diferentes tarefas, permitindo que as equipes se adaptem às necessidades e requisitos de produção em constante mudança (Steger, 2024). A capacidade de programação intuitiva dos cobots permite que trabalhadores com pouca experiência técnica possam rapidamente aprender a utilizá-los, ampliando a acessibilidade e a utilidade desses dispositivos em diversas aplicações industriais.

Segundo Rao, "os cobots também podem ser reprogramados rapidamente, muitas vezes usando interfaces intuitivas ou até mesmo guiando fisicamente o robô através do movimento desejado" (Rao, 2023). Essa afirmação reforça a ideia de que os cobots são ferramentas versáteis e acessíveis, capazes de serem integradas em diversas etapas da linha de produção sem a necessidade de longos períodos de treinamento. Levando em conta a capacidade dos cobots de trabalhar em proximidade com os humanos sem a necessidade de barreiras físicas, torna-os ideais para operações em ambientes restritos e altamente dinâmicos.

## 2.1. Vantagens da Robótica Colaborativa:

A robótica colaborativa apresenta vantagens em relação à segurança, eficiência e flexibilidade, entre outros fatores, conforme destacado a seguir:

**Segurança:** Equipados com sensores e sistemas de parada automática, os cobots podem operar ao lado dos humanos sem a necessidade de barreiras físicas, aumentando a segurança no ambiente de trabalho. Estudos mostram que a introdução de cobots pode reduzir de maneira realista até 72% das causas comuns de acidentes em ambientes de



trabalho (Universal Robots, 2021). A utilização de cobots, portanto, não apenas melhora a produtividade, mas também contribui significativamente para a criação de um ambiente de trabalho mais seguro. Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de linha de produção segura, em que cobots trabalham no mesmo espaço que operadores humanos:

Figura 1 – Robô colaborativo trabalhando junto com operador humano



Fonte: Fersiltec, 2018

A fábrica da BMW em Spartanburg, Carolina do Sul, implementou robôs colaborativos que trabalham lado a lado com os operadores, sem barreiras de segurança. Essa integração reforçou os altos padrões de segurança e melhorou as condições de trabalho (Schillmoeller, 2013). Este exemplo concreto destaca como a integração de cobots pode resultar em melhorias tangíveis na segurança operacional, protegendo os trabalhadores de possíveis riscos.

Os custos de afastamento por acidente de trabalho em fábricas no Brasil podem ser bastante elevados e incluem tanto despesas diretas quanto indiretas. De acordo com o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (Smartlab), em 2021, o Brasil registrou cerca de 282 mil notificações de acidentes de trabalho, um aumento significativo em relação aos anos anteriores. Os custos diretos incluem internação, tratamento médico, medicamentos, reabilitação, seguro acidente e transporte do funcionário para tratamento.




Já os custos indiretos envolvem a paralisação da produção, substituição do funcionário, despesas com perícias e possíveis crises de imagem da empresa (Marinho, 2022).

Estima-se que os acidentes de trabalho representem cerca de 9% da folha salarial total das empresas no Brasil (Malta et al. 2017). Além disso, o impacto econômico de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho pode chegar a trilhões de reais em uma década, considerando também as perdas no sistema previdenciário e de saúde (Marinho, 2022). Esses dados ressaltam a importância de investir em medidas de prevenção e na automação dos processos produtivos, como a implementação de cobots, que podem reduzir significativamente o número de acidentes e, conseqüentemente, os custos associados ao afastamento de trabalhadores.

**Eficiência:** Os cobots podem assumir tarefas repetitivas e ergonomicamente desfavoráveis, permitindo que os trabalhadores se concentrem em atividades mais complexas e de maior valor agregado. Um estudo realizado pela Hyundai usou dois cobots em sua linha de produção, como resultado, a eficiência geral da linha produtiva aumentou 31% (Universal Robots, 2021). A delegação de tarefas repetitivas aos cobots não só aumenta a produtividade, mas também alivia os trabalhadores de atividades monótonas e fisicamente exigentes.

Na indústria indiana de componentes automotivos, a fabricante CATI (Craft and Technique Industries) fez o uso de cobots para realizar a inspeção e a alimentação de máquinas CNC, aumentando a sua produção de forma significativa. Desde o começo da utilização dos cobots, a CATI alcançou, desta forma, um ambiente produtivo “sem defeitos” e um aumento de 20% na produção de peças (Universal Robots, 2021). “Chegou o dia para pequenas e médias empresas automatizarem processos, robôs não são mais parte de grandes indústrias apenas”, afirmou o CEO da CATI, Prashant Shantaram Umbrani.

Na indústria de eletrônicos, a Melecs aumentou o rendimento em suas operações de

 REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.




embalagem em 25%, eliminou gargalos de produção e liberou os trabalhadores de tarefas pouco ergonômicas e demoradas. (Universal Robots, 2021). A adoção de cobots permitiu à Melecs não somente melhorar a eficiência, mas também aumentar a precisão e a consistência na produção de componentes eletrônicos, refletindo diretamente na qualidade do produto final.

**Flexibilidade:** A facilidade de programação e reconfiguração dos cobots permite uma rápida adaptação a diferentes tarefas e processos de produção. Empresas como a Universal Robots têm desenvolvido plataformas que permitem a reprogramação dos cobots em menos de uma hora, aumentando significativamente a flexibilidade operacional (Universal Robots, 2021). Essa flexibilidade é crucial em um ambiente industrial dinâmico, onde a capacidade de adaptação rápida a novas demandas pode ser um diferencial competitivo importante.

## 2.2. Desafios da Robótica Colaborativa:

A robótica colaborativa possui desafios, como os apresentados:

**Custo Inicial:** A implementação de cobots pode requerer um investimento inicial significativo, embora o retorno sobre o investimento (ROI) seja geralmente rápido devido à melhoria na eficiência e na produtividade. No mercado brasileiro em 2024, os preços dos cobots variam amplamente conforme suas especificações e capacidades. Um modelo básico utilizado para tarefas leves de montagem pode custar a partir de R\$ 40.000,00. Cobots de médio porte, que oferecem maior capacidade de carga e funcionalidades adicionais, estão na faixa de R\$ 100.000,00 a R\$ 200.000,00. Já os cobots mais avançados, equipados com sistemas de visão e inteligência artificial para tarefas complexas, podem ultrapassar os R\$ 300.000,00 (Standard Bots, 2024; Maw, 2024). Ainda, que o custo inicial possa ser uma barreira, os benefícios a longo prazo frequentemente justificam o

 REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

investimento, especialmente em termos de produtividade e segurança.

Um dos gestores da Darex, uma empresa americana especializada na fabricação de afiadores de faca relatou que "Para o ROI na compra dos cobots, inicialmente previ que levaria cerca de 16 meses, mas fiquei positivamente surpreso ao ver que os cobots se pagaram em menos de um ano." (Universal Robots, 2024). Este caso demonstra que, mesmo com um investimento inicial elevado, os resultados positivos em termos de eficiência e redução de custos operacionais podem ser alcançados rapidamente, tornando a adoção de cobots uma estratégia viável para muitas empresas.

**Integração com Sistemas Existentes:** Integrar cobots em linhas de produção existentes pode ser um desafio, especialmente em ambientes onde a automação tradicional já está estabelecida. Um dos maiores desafios ao implementar cobots em um ambiente de manufatura existente é garantir que eles possam se integrar perfeitamente com os sistemas de manufatura já instalados. Isso pode levantar questões relacionadas à compatibilidade de software, conectividade e espaço físico na fábrica (Schneider, 2023). A integração bem-sucedida de cobots requer um planejamento cuidadoso e, muitas vezes, a atualização ou modificação dos sistemas existentes para assegurar uma operação harmoniosa e eficiente.

### 3. METODOLOGIA

Este estudo utilizou uma abordagem exploratória, fundamentada em um estudo de caso com base em referencial teórico, para avaliar o impacto dos cobots em linhas de produção, para isso foram analisadas publicações e documentos industriais disponíveis na internet. Além disso, foi realizada pesquisa de campo dialógica com um profissional da área, com o objetivo de compreender os benefícios e desafios da implementação dos cobots. Também foi realizada uma análise quantitativa dos dados para comparar o cenário da empresa antes e depois da adoção dos cobots.



### **3.1. Estudos de caso:**

O estudo iniciou-se com uma extensa pesquisa online em sites e publicações do setor industrial que documentam a implementação de cobots em diversas linhas de produção. Para garantir a veracidade das informações, foram consultadas fontes renomadas na área de automação industrial e de acesso público, como artigos acadêmicos e relatórios de empresas. Essa abordagem foi escolhida devido à facilidade de acesso a dados atualizados e detalhados, além de permitir uma análise abrangente de diferentes indústrias.

Após essa análise, foram selecionadas três empresas, dos setores automobilístico, eletrônico e alimentício, esses setores foram escolhidos devido ao seu forte protagonismo no cenário global de automação industrial, sendo amplamente reconhecidos por sua adoção avançada de tecnologias de ponta.

A implementação de cobots na BMW, segundo Schillmoeller (2013), foi detalhada em um relatório publicado pela própria BMW Group, enquanto a experiência da Melecs foi documentada em um estudo de caso publicado pela Universal Robots (2021). Além disso, a GLD empresa alimentícia, foi incluída por seu uso de cobots em tarefas de embalagem, conforme destacado em seus relatórios. Essas fontes forneceram uma base sólida de dados e exemplos práticos, ilustrando a eficácia dos cobots em diferentes ambientes industriais e permitindo uma análise do impacto dessa tecnologia na produtividade e segurança dos trabalhadores.

### **3.2. Pesquisa de campo:**

A pesquisa de campo dialógica foi conduzida com o Team Leader de produção de uma multinacional americana do ramo de produtos de limpeza, uma empresa com 218 anos de mercado e uma das líderes globais no setor. A empresa possui duas plantas fabris localizadas no estado de São Paulo.



O profissional entrevistado ocupa o cargo de líder de produção, sendo responsável por monitorar a produtividade da linha de produção, implementar melhorias para otimizar os índices de desempenho e atingir as metas estabelecidas pela empresa. Com 10 anos de experiência na companhia, o entrevistado possui amplo conhecimento sobre as práticas internas, incluindo a implementação de cobots nas operações. O líder possui acesso de documentos internos como relatórios de produtividade, planilhas de custos e dados financeiros sobre os resultados obtidos após a adoção dos cobots.

A entrevista foi realizada de forma presencial, com uma duração média de 30 minutos. O roteiro da entrevista continha 08 perguntas:

1. Qual foi a principal justificativa para a implementação dos cobots na linha de produção?
2. Quantos funcionários por turno eram necessários no cenário de produção manual em comparação com o cenário com cobots?
3. Na sua opinião, a produtividade da linha de produção foi mantida ou melhorada após a redução do número de funcionários com a implementação dos cobots?
4. Após a implementação dos cobots, houve um aumento ou uma redução nos custos operacionais?
5. Qual era o custo anual com sucata no cenário de produção manual, e como isso mudou com o uso dos cobots?
6. O que o senhor acredita ter contribuído para a redução dos custos com sucata após a implementação dos cobots?
7. O senhor observou alguma melhoria na qualidade dos produtos ou na eficiência dos processos após a implementação dos cobots?
8. O investimento da implementação dos cobots foi recuperado em um curto período?

As perguntas realizadas na entrevista focaram nos aspectos principais da implementação de cobots, como a justificativa para sua adoção, a comparação da produtividade e dos custos operacionais antes e após a sua introdução, bem como os benefícios observados na eficiência e qualidade dos processos.

A escolha da empresa se deu por ser uma multinacional de origem americana, que adota, desde sua fundação, as tecnologias mais avançadas. Além disso, a empresa se mantém sempre alinhada com as inovações do setor e foi uma das pioneiras no Brasil a implementar cobots em suas linhas de produção, destacando-se pelo compromisso contínuo com a modernização e eficiência.

### **3.3. Análise de dados qualitativos e quantitativos:**

Foi realizada uma análise combinada dos dados coletados na entrevista e no estudo de caso. A parte qualitativa, conduzida no estudo de caso, explorou os dados da percepção de gestores sobre os benefícios da implementação dos cobots. Enquanto a análise quantitativa, realizada na pesquisa de campo, se concentrou em indicadores de eficiência, segurança e custos operacionais, comparando os cenários antes e depois da adoção dos robôs.

Com os dados obtidos na pesquisa dialógica, foi possível preencher a planilha fornecida pela Fersiltec, permitindo uma análise detalhada dos impactos da implementação dos cobots. A pesquisa revelou uma redução significativa no número de funcionários, nos custos com sucata e nos custos operacionais gerais, destacando os benefícios financeiros e produtivos trazidos pela automação colaborativa.



## **4. ESTUDOS DE CASO**

Este estudo foi dividido em três estudos de caso, cada um focado em diferentes indústrias: automobilística, eletrônica e de alimentos e bebidas. O objetivo desta seção é apresentar como a implementação de cobots impactou a produtividade, a segurança e a eficiência nas operações de cada setor.

### **4.1. Estudo de Caso 1: Indústria Automobilística**

A BMW, conforme Schillmoeller (2013), é uma grande montadora de automóveis, que adotou robôs colaborativos em sua linha de montagem final. Antes da implementação dos cobots, as tarefas de fixação de componentes e inspeção de qualidade eram realizadas manualmente, resultando em problemas de ergonomia e uma alta taxa de erros humanos. Com a introdução dos cobots, a empresa observou uma significativa melhora na ergonomia e na eficiência da linha de produção, reduziu o esforço físico dos trabalhadores e aumentou a precisão das tarefas repetitivas, resultando em uma diminuição substancial nas lesões relacionadas ao trabalho. A BMW também relatou uma melhoria na qualidade dos produtos finais, com uma redução significativa nas falhas de montagem e nos retrabalhos necessários, devido à precisão e à consistência dos cobots. Este caso exemplifica como os cobots podem melhorar tanto a produtividade quanto a segurança em operações de montagem complexas, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente...

### **4.2. Estudo de Caso 2: Indústria Eletrônica**

Uma fábrica de eletrônicos, como a Melecs, implementou cobots para auxiliar na montagem de placas de circuito impresso. Os cobots foram programados para realizar tarefas repetitivas e precisas, como a inserção de componentes e a soldagem. Isso não apenas aumentou a precisão e a consistência do produto final, mas também reduziu a




exposição dos trabalhadores a tarefas repetitivas e potencialmente perigosas. A adoção de cobots na Melecs também permitiu à empresa expandir sua capacidade produtiva sem a necessidade de contratar mais trabalhadores, otimizando o uso dos recursos disponíveis. Segundo o Vice-Presidente, os cobots se integram perfeitamente às estratégias de automação da empresa, oferecendo melhorias na qualidade e segurança em processos repetitivos. Com resultados positivos, a empresa planeja incluir mais cobots em projetos futuros. Este caso demonstra claramente os benefícios dos cobots na melhoria da qualidade e segurança em processos de produção altamente detalhados e repetitivos, além de aumentar a competitividade da empresa no mercado global.

#### **4.3. Estudo de Caso 3: Indústria de Alimentos e Bebidas**

Na indústria de alimentos e bebidas, a implementação de robôs colaborativos tem sido crucial para melhorar a eficiência e a segurança. Uma fábrica de processamento de alimentos integrou cobots em sua linha de embalagem, resultando em aumento da produção e qualidade ao minimizar erros humanos em tarefas repetitivas e “reduz custos operacionais e os riscos de acidentes, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente” (Schneider, 2022). Além disso, os cobots permitiram à fábrica otimizar o uso de matérias-primas, reduzindo o desperdício e aumentando a sustentabilidade do processo de produção. Este exemplo ilustra como a robótica colaborativa pode ser aplicada com sucesso em setores onde a segurança e a eficiência são primordiais, proporcionando benefícios significativos em termos de produtividade e redução de custos.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A seguir, o exemplo de uma fábrica multinacional do ramo de produtos de limpeza que implementou cobots em sua linha de produção. Os números referenciais são

 REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

provenientes de pesquisa de campo realizada em 2024. Devido ao sigilo industrial, a identidade da fábrica não pode ser divulgada. A planilha utilizada para esta análise é baseada em um modelo fornecido pelo site Fersiltec. A tabela a seguir compara o cenário antes e depois da implementação dos cobots, destacando as melhorias em termos de eficiência e produtividade.

Tabela 1 – Cenário atual fábrica com produção manual

1. Cenário Atual   Produção Manual	Informe
Funcionários em cada turno	10
Horas por turno [semanal]	48
Turnos por dia	3
Salário funcionário [anual]	R\$36.000,00
Encargos Anuais [13º salário, FGTS, Férias, etc.]	R\$54.000,00
Custo de tempo ocioso de um funcionário [anual]	R\$8.100,00
Custo da sucata [anual]	R\$50.000,00
Custo de aprimoramento de gabarito e processo [anual]	R\$20.000,00
<b>CUSTO ANUAL</b>	<b>R\$1.933.000,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Adotando que:

Fórmula 1- Custo de encargos

$$\text{Encargos} = \text{Salário do funcionário} \times 150\%$$

Fórmula 2- Custo de tempo ocioso

$$\text{Custo de tempo ocioso} = \text{Salário do funcionário} \times 22,5\%$$

Entendendo a planilha, foi utilizado a fórmula seguinte para o cálculo:

Fórmula 3- Custo anual total

$$\text{Custo anual total} = (\text{Funcionários por turno} \times \text{Quantidade de turnos} \times \text{Encargos}) + (\text{Custo de tempo ocioso} \times \text{Funcionários por turno} \times \text{Quantidade de turnos}) + \text{Custo de sucata} +$$





### Custo de aprimoramentos

Substituindo os dados:

$$\text{Custo anual total} = (10 \times 3 \times 54.000) + (10 \times 3 \times 8.100) + 50.000 + 20.000 =$$

**R\$ 1.933.000,00**

Tabela 2 – Investimento inicial implementação do Cobots

2. Investimento   Implementação Cobot	Informe
Robô	R\$100.000,00
Garra	R\$10.000,00
Sistema de visão [opcional]	
Sistema de monitoramento [R\$]	
Outros periféricos [opcionais]	R\$8.000,00
Sistema de limpeza [R\$]	
Barreiras físicas [opcional]	R\$2.000,00
Interface máquina robô	R\$2.000,00
Integração	R\$5.000,00
Imposto, Transporte, Taxas, ... [R\$]	R\$15.000,00
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	<b>R\$142.000,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

#### Fórmula 4 - Investimento inicial

$$\text{Investimento inicial} = \text{Robô} + \text{Garra} + \text{Sistema de monitoramento} + \text{Periféricos} +$$

$$\text{Limpeza} + \text{Barreira física} + \text{Interface} + \text{Integração} + \text{Impostos}$$

Substituindo os dados:

$$\text{Investimento inicial} = 100.000 + 10.000 + 8.000 + 2.000 + 2.000 + 5.000 + 15.000$$

**= R\$ 142.000,00**

Tabela 3 – Cenário atual fábrica com Cobots



3. Cenário Potencial   Robótica	Informe
Funcionários em cada turno	3
Turnos por dia	3
Salário funcionário [anual]	R\$36.000,00
Encargos Anuais [13º salário, FGTS, Férias, etc.]	R\$54.000,00
Custo de tempo ocioso de um funcionário [anual]	R\$1.093,50
Custo da sucata [anual]	R\$10.000,00
Custo de aprimoramento de gabarito e processo [anual]	R\$3.000,00
Semanas trabalhadas por ano	
<b>CUSTOS - CENÁRIO POTENCIAL</b>	<b>R\$500.093,50</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Fórmula 5- Custo de encargos

$$\text{Encargos} = \text{Salário do funcionário} \times 150\%$$

Fórmula 6- Custo de tempo ocioso com cobots

$$\text{Custo de tempo ocioso} = \text{Custo de tempo ocioso sem cobots} \times 13,5\%$$

Entendendo a planilha, foi utilizado a fórmula seguinte para o cálculo:

Fórmula 7- Custo anual total com cobots

$$\text{Custo anual total com cobots} = (\text{Funcionários por turno} \times \text{Turnos por dia} \times \text{Encargos}) + \text{Custo de tempo ocioso com cobots} + \text{Custo de sucata} + \text{Custo de aprimoramento}$$

Substituindo os dados:

$$\begin{aligned} \text{Custo anual total após implementação dos cobots} &= (3 \times 3 \times (36.000 + 12.362,40 + 5759,64)) \\ &+ 10.000 + 3.000 = \mathbf{R\$ 500.098,36} \end{aligned}$$

Os dados da tabela revelam uma significativa redução no número de funcionários por turno, passando de 10 para 3, após a implementação dos cobots. Essa mudança reflete diretamente na eficiência operacional, pois permite que a fábrica mantenha a quantidade de turnos diários com menos recursos humanos. A implementação dos cobots também



apresenta um impacto significativo na questão financeira da fábrica. Antes da implementação, os custos com salários e benefícios eram elevados, com a redução a empresa consegue economizar substancialmente nesses custos.

Os encargos permaneceram em 150% do salário, uma vez que continuam atrelados aos custos fixos dos funcionários, como contribuições sociais e benefícios, que não são diretamente impactados pela automação. Já o tempo ocioso, que corresponde ao período em que os funcionários não produzem por falta de atividades, também foi significativamente reduzido, passando de 22,5% para 13,5%, devido à operação contínua dos cobots, que assumiram as tarefas repetitivas e de baixa complexidade. A redução desse fator, não só diminui os custos da operação, como também melhora a eficiência, permitindo uma economia substancial sem comprometer a qualidade ou a segurança da produção.

Como podemos observar, concluímos que após a implementação dos cobots, a fábrica conseguiu reduzir significativamente seus custos operacionais anuais. Isso representa uma economia anual de R\$ 1.432.901,64 (R\$ 1.933.000,00 - R\$ 500.098,36). Essa redução significativa nos custos demonstra claramente que, apesar do investimento inicial elevado, a implementação dos cobots resulta em um retorno substancial, melhorando a eficiência operacional e reduzindo as despesas anuais. A adoção de robôs colaborativos, portanto, se mostra uma estratégia financeiramente vantajosa e sustentável para a empresa.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

A implementação de robôs colaborativos em linhas de produção demonstrou ser uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência dos processos e aumentar a segurança dos trabalhadores. As empresas que adotam essa tecnologia se beneficiaram de um ambiente de trabalho mais seguro, uma maior flexibilidade na produção e uma melhor qualidade dos produtos finais. No entanto, é importante considerar os desafios associados, como o custo



inicial e a necessidade de integração com sistemas existentes.

Apesar do alto custo inicial, a análise financeira mostra que o retorno sobre o investimento (ROI) é geralmente rápido, devido à melhoria na eficiência e produtividade. A multinacional do setor de produtos de limpeza com a implementação de cobots resultou em uma redução significativa no número de funcionários por turno, passando de 10 para 3, o que gerou uma economia anual de R\$1.432.901,64. Esses dados destacam que, embora o investimento inicial possa ser uma barreira, os benefícios econômicos a longo prazo justificam amplamente o custo, tornando a adoção de cobots uma estratégia financeiramente viável e sustentável.

Os resultados obtidos mostram que os robôs colaborativos têm um potencial significativo para transformar a indústria de manufatura, proporcionando melhorias não apenas em termos de produtividade, mas também na segurança e bem-estar dos trabalhadores. A contínua pesquisa e desenvolvimento nesta área serão cruciais para maximizar os benefícios dessa tecnologia e garantir sua integração eficaz em diversos setores industriais. Além disso, a colaboração entre fabricantes de cobots, empresas usuárias e instituições acadêmicas pode acelerar o desenvolvimento de novas aplicações e funcionalidades, aumentando ainda mais o impacto positivo dos cobots na indústria.

A robótica colaborativa representa uma evolução significativa na automação industrial, alinhando-se com os princípios da Indústria 4.0. À medida que a tecnologia avança e os custos diminuem, é provável que haverá adoção ainda maior de cobots em diversos setores industriais, contribuindo para a criação de ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e produtivos. O futuro da robótica colaborativa é promissor, com potenciais avanços em inteligência artificial e aprendizado de máquina que podem tornar os cobots ainda mais capazes de colaborar efetivamente com os trabalhadores humanos, criando um cenário de manufatura verdadeiramente integrado e harmonioso.



## REFERÊNCIAS

FERSILTEC. *Planilha de ROI em Robótica Colaborativa*. Disponível em: <https://conteudo.fersiltec.com.br/agradecimento-planilha-roi-robotica>. Acesso em: 18 abr. 2024.

FERSILTEC. *Robótica colaborativa industrial para pequenas empresas*. 2018. Disponível em: <https://fersiltec.com.br/blog/robotica/robotica-colaborativa-industrial-para-pequenas-empresas/>. Acesso em: 04 jun. 2024.

GTR CONSULTORIA. *Manutenção preditiva: reduzindo custos com a prevenção de paradas não programadas*. 2017. Disponível em: <https://www.gtrconsultoria.com.br/blog/manutencao-preditiva-reduzindo-custos-com-a-prevencao-de-paradas-nao-programadas>. Acesso em: 24 jun. 2024.

HEINDL, C; IKEDA, M; STÜBL, G; PICHLER, A; SCHARINGER, J. *Enhanced human-machine interaction by combining proximity sensing with global perception*. arXiv, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1910.02445>. Acesso em: 26 jun. 2024.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. *Executive summary world robotics 2018: industrial robots*. 2018. Disponível em: [https://ifr.org/downloads/press2018/Executive\\_Summary\\_WR\\_2018\\_Industrial\\_Robots.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf). Acesso em: 15 jun. 2024.

MALTA, D, C; STOPA, S, R; SILVA, Marta Maria Alves da; SZWARCOWALD, C, L; FRANCO, M, S; SANTOS, F, V; MACHADO, E, L; GÓMEZ, C, M. *Acidentes de trabalho e doenças ocupacionais: impacto financeiro no Brasil*. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 20, n. 10, p. 3333-3342. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/YP5DzH76QHBRx6QKnFdbgDs/#:~:text=No%20Brasil%20C%20os%20custos%20dos%20acidentes%20e%20doen%C3%A7as,aos%20trabalhadores%20s%C3%A3o%20estimados%20em%20R%24%2016%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 16 abr. 2024.

MARINHO, D. *Acidentes de trabalho e mortes acidentárias voltam a crescer no Brasil em 2021*. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/178950-acidentes-de-trabalho-e-mortes-acident%C3%A1rias-voltam-crescer-no-brasil-em-2021>. Acesso em: 30 mai. 2024.



MAW, I. *7 cobots of note released in 2024 so far*. 2024. Disponível em: <https://www.cobottrends.com/7-cobots-of-note-released-in-2024-so-far/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

MENNINGS, R. *Challenges of implementing cobots in existing manufacturing environments*. 2023. Disponível em: <https://www.wiredworkers.io/blog/challenges-of-implementing-cobots-in-existing-manufacturing-environments/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

MICIETA, B; BINASOVA, V; MARCAN, P; GASO, M. *Interface dos sistemas de controle de equipamentos de processo de nível empresarial com um sistema operacional de robô*. *Eletrônica*, v. 12, n. 18, p. 3871, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics12183871>. Acesso em: 22 mai. 2024.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE PADRONIZAÇÃO. *ISO 10218-1:2011 Robôs e dispositivos robóticos — Requisitos de segurança para robôs industriais — Parte 1: Robôs*. 2011. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51330.html>. Acesso em: 30 mai. 2024.

RAO, R. *Cobots vs Robots: understanding the key differences and applications*. 2023. Disponível em: <https://www.wevolver.com/article/cobot-vs-robot>. Acesso em: 21 mai. 2024.

ROBOTICS TOMORROW. *Collaborative robot market to grow by 60% in 2018*. 2018. Disponível em: <https://www.roboticstomorrow.com/story/2018/10/collaborative-robot-market-to-grow-by-60-in-2018/12661/>. Acesso em: 18 abr. 2024.

SCHILLMOELLER, S. *Innovative human-robot cooperation in BMW Group production*. 2013. Disponível em: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0209722EN/innovative-human-robot-cooperation-in-bmw-group-production?language=en> . Acesso em: 20 abr. 2024.

SCHNEIDER, D. *Robots in the food industry 2022*. 2022. Disponível em: <https://www.dlg.org/en/mediacenter/dlg-expert-reports/food-technology/dlg-expert-report-07-2022-robots-in-the-food-industry>. Acesso em: 25 mai. 2024.

SILVA, Vithor Hugo Costa da; KIECKBUSCH, R, E; SANTOS, Andrea Cristina dos. *Segurança na Indústria 4.0: requisitos técnicos para robôs colaborativos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 12, 2019, Brasília. *Anais...* São Paulo: Blucher. 2019. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/segurana-na-industria-40->



REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

[requisitos-tnicos-para-robs-colaborativos-33595](#). Acesso em: 26 jun. 2024.

STANDARD BOTS. *Collaborative robot prices: the ultimate guide*. 2024. Disponível em: <https://standardbots.com/blog/collaborative-robot-prices-the-ultimate-guide>. Acesso em: 17 mai. 2024.

STEGER, A. What is a Cobot? Complete 2024 Guide. 2024. Disponível em: <https://www.kassowrobots.com/blog/what-is-a-cobot>. Acesso em: 20 mai. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *3 histórias de sucesso com o uso de robôs colaborativos na indústria de eletrônicos*. 2021. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/3-hist%C3%B3rias-de-sucesso-com-o-uso-de-rob%C3%B4s-colaborativos-na-ind%C3%A1ria-de-eletr%C3%B4nicos/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *6 casos de sucesso de robôs colaborativos na indústria automotiva*. 2021. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/6-cases-de-sucesso-de-rob%C3%B4s-colaborativos-na-ind%C3%A1ria-automotiva/> . Acesso em: 28 mai. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *Como a automação industrial pode reduzir lesões no local de trabalho e melhorar a confiança dos funcionários*. 2021. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/como-a-automac%C3%A3o-industrial-pode-reduzir-les%C3%B5es-no-local-de-trabalho-e-melhorar-a-confianca-dos-funcion%C3%A1rios/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *Como os robôs colaborativos impulsionam práticas de manufatura sustentáveis*. 2021. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/blog/how-collaborative-robots-power-sustainable-manufacturing-practices>. Acesso em: 20 mai. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *Darex: aumento de produtividade com robôs colaborativos*. 2024. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/case-stories/darex/>. Acesso em: 28 mai. 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *Normas de segurança para robôs industriais colaborativos*. 2020. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/normas-de-seguranca-para-rob%C3%B4s-industriais-colaborativos/> Acesso em: 01 jun, 2024.

UNIVERSAL ROBOTS. *Tendências que impulsionam a automação robótica industrial*. 2021. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/tend%C3%A1ncias-que>



REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco – V10Nº2 out.2024-mar. 2025. pp. 239-262.

[impulsionam-a-automac%C3%A3o-rob%C3%B3tica-industrial/](#). Acesso em: 19 abr. 2024.

