

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências – Campus Guaratinguetá

Elcio Shinji Yamada

Cobots – Impacto na segurança do trabalhador

Guaratinguetá

2024

Élcio Shinji Yamada

Cobots – Impacto na segurança do trabalhador

Trabalho de Conclusão de curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciência, Guaratinguetá, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Segurança do Trabalho

Orientador(a): Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho

Guaratinguetá

2024

Y19c	Yamada, Élcio Shinji Cobots – Impacto na segurança do trabalhador / Élcio Shinji Yamada - Guaratinguetá, 2024. 37 f : il. Bibliografia: f. 34-37
	Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2024. Orientador: Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho
	1. Robôs industriais. 2. Tecnologia industrial. 3. Segurança ocupacional. I. Título.
	CDU 614.8.027

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa sobre o impacto dos cobots na segurança do trabalhador tem o potencial de transformar práticas industriais, aumentando a proteção dos trabalhadores. Isso inclui a redução de acidentes, melhoria das condições de trabalho, desenvolvimento de novas normas de segurança, necessidade de formação e capacitação, e mudanças na cultura organizacional. Além disso, pode haver implicações econômicas positivas, como a redução de custos associados a acidentes. Esses fatores destacam a importância de investigar como os cobots podem contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Research on the impact of cobots on worker safety has the potential to transform industrial practices, enhancing worker protection. This includes reducing accidents, improving working conditions, developing new safety standards, the need for training and skills development, and shifts in organizational culture. Additionally, there may be positive economic implications, such as reducing costs associated with accidents. These factors underscore the importance of investigating how cobots can contribute to a safer and more efficient work environment.

Élcio Shinji Yamada

Cobots – Impacto na segurança do trabalhador

TCC apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel em Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Segurança do Trabalho

Data da defesa: 18/11/2024

Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
ANGELO CAPORELLI FILHO
Data: 25/11/2024 10:22:35-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho
UNESP – Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

 Documento assinado digitalmente
ERICA XIMENES DIAS
Data: 25/11/2024 08:41:56-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Erica Ximenes Dias
UNESP – Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

 Documento assinado digitalmente
MARCELINO PEREIRA DO NASCIMENTO
Data: 25/11/2024 15:17:04-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Marcelino Pereira do Nascimento
UNESP – Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

Dedico este trabalho aos meus pais, pela paciência, amor e apoio constante em cada etapa do meu caminho. Aos meus amigos, por serem fonte inesgotável de motivação e inspiração, tornando os desafios mais leves. Aos professores que compartilharam seu conhecimento, guiando-me com sabedoria e compreensão ao longo dessa jornada. Com imensa gratidão,

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha namorada, por seu amor, paciência e por me ajudar a definir o tema deste trabalho. Seu apoio foi fundamental em cada etapa. Aos meus pais, pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim em todos os momentos. Sua confiança e encorajamento foram minha força motriz. Ao meu orientador, pela disponibilidade e paciência comigo ao longo dessa jornada.

Com sincera gratidão a todos que contribuíram para a concretização deste sonho.

“Toda conquista começa com a decisão de tentar”

(Devers, s.d.).

RESUMO

Este estudo investiga o impacto dos robôs colaborativos, conhecidos como *cobots*, na segurança do trabalhador em ambientes industriais, tentando responder a uma questão essencial: até que ponto esses “parceiros de aço” pode garantir um ambiente livre de riscos? Com o avanço da tecnologia, esses robôs estão cada vez mais integrados às linhas de produção, promovendo uma nova dinâmica de interação entre humanos e máquinas. O estudo analisa as normas de segurança e os avanços tecnológicos que envolvem o uso dos *cobots*, explorando tanto os benefícios quanto as limitações dessa tecnologia. Ao contrário dos robôs industriais tradicionais, que geralmente operam isolados dos humanos, os *cobots* são projetados para compartilhar o mesmo espaço e colaborar em tarefas diversas. Isso muda completamente o cenário de segurança, exigindo novas adaptações e cuidados. Durante o estudo, foram analisados casos reais que mostram como a implementação de *cobots* pode reduzir esforços físicos e até prevenir acidentes causados por fadiga humana. No entanto, há riscos para a segurança do trabalhador: falhas no sistema, configurações inadequadas e a própria interação humana ainda podem resultar em acidentes ao trabalhador. Ao final, este trabalho não só avalia os impactos dos *cobots* na segurança, mas também questiona o que falta para garantir que eles sejam aliados realmente confiáveis na rotina das indústrias. Os *cobots* têm potencial para transformar o futuro do trabalho, mas para isso, precisam evoluir em conjunto com práticas e regulamentações que garantam a proteção dos trabalhadores.

Palavras-chave: COBOTS; SEGURANÇA NO TRABALHO; ROBÔS COLABORATIVOS; TECNOLOGIA INDUSTRIAL; SEGURANÇA OCUPACIONAL.

ABSTRACT

This study investigates the impact of collaborative robots, known as cobots, on worker safety in industrial environments, aiming to answer a key question: to what extent can these "steel partners" truly ensure a risk-free environment? With technological advancements, these robots are increasingly integrated into production lines, bringing a new dynamic to human-machine interactions. This study examines safety standards and technological developments surrounding cobots, exploring both the benefits and limitations of this technology. Unlike traditional industrial robots, which typically operate in isolation from humans, cobots are designed to share the same space and collaborate on various tasks. This completely changes the safety landscape, requiring new adaptations and precautions. During the study, real cases were analyzed, showing how implementing cobots can reduce physical strain and even prevent accidents caused by human fatigue. However, there are risks: system failures, improper configurations, and human interaction itself can still lead to accidents. In the end, this paper not only assesses the impact of cobots on safety but also questions what is still needed to ensure they become truly reliable allies in industrial settings. Cobots have the potential to transform the future of work, but to do so, they must evolve alongside practices and regulations that protect workers.

Keywords: COBOTS; WORKPLACE SAFETY; COLLABORATIVE ROBOTS; INDUSTRIAL TECHNOLOGY; OCCUPACIONAL SAFETY.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	American National Standards Institute
COBOTS	Robôs Colaborativos
GSK	GlaxoSmithKline
HMI	Interfaces Homem-Máquina
HRC	Human Robot Collaboration
IA	Inteligência Artificial
ISO	International Organization for Standardization
NRs	Normas Regulamentadoras
RA	Realidade Aumentada
RIA	Robotic Industry Association

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO	12
1.2	JUSTIFICATIVAS	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ROBOS COLABORATIVOS	14
2.2	SEGURANÇA DO OPERADOR NO TRABALHO COM OS ROBÔS COLABORATIVOS.....	15
2.3	OUTROS FATORES QUE MELHORAM A SEGURANÇA DO TRABALHADOR	18
3	BENEFÍCIOS DOS COBOTS PARA A SEGURANÇA DO TRABALHO	20
4	DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES EM RELAÇÃO À SEGURANÇA	21
4.1	DESAFIOS RELACIONADOS À INTEGRAÇÃO DOS COBOTS NO AMBIENTE DE TRABALHO.....	21
4.2	CONSIDERAÇÕES PARA A GARANTIA DE SEGURANÇA	22
4.3	LIMITES HUMANOS E PSICOLÓGICOS.....	22
4.4	DESAFIOS FUTUROS E TENDÊNCIAS	23
5	FUTURO DA COLABORAÇÃO HOMEM-ROBO EM AMBIENTE DE TRABALHO	25
5.1	IMPACTOS DA AUTOMAÇÃO NO MERCADO DE TRABALHO	25
5.2	BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA HRC.....	25
5.3	INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM ROBÓTICA COLABORATIVA	26
5.4	TENDÊNCIAS FUTURAS EM ROBÓTICA COLABORATIVA	27
6	ESTUDOS DE CASOS BEM-SUCEDIDOS	29
6.1	EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA FORD	29
6.1.1	Impacto na Segurança.....	29
6.2	EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA AMAZON	29
6.2.1	Impacto na Segurança.....	30
6.3	EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA GLAXOSMITHKLINE (GSK)....	30
6.3.1	Impacto na Segurança.....	30
6.4	EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA NESTLÉ.....	31
6.4.1	Impacto na Segurança.....	31

7	DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
8	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1 Introdução

Os robôs colaborativos, mais conhecidos como *cobots*, surgiram nos anos 90, quando J. Edward Colgate e Michael Peshkin inventaram uma nova forma de interação entre máquinas e trabalhadores. Em 1997, eles patentearam os *cobots*, que eram diferentes dos robôs comuns: eles não tinham uma força própria, então quem controlava o movimento era o próprio humano, de forma colaborativa. A General Motors logo percebeu o potencial dessa ideia e investiu no projeto, buscando criar um ambiente de trabalho seguro, onde robôs e humanos pudessem dividir as tarefas sem riscos.

Desde então, os *cobots* evoluíram muito rápido. Hoje, eles têm sensores avançados, inteligência artificial e interfaces intuitivas que facilitam bastante o uso. Esses robôs viraram parte essencial da automação moderna. Diferente dos robôs industriais tradicionais, que ficam isolados e são programados pra funções bem específicas, os *cobots* foram feitos para trabalhar lado a lado com as pessoas, com foco na flexibilidade e na segurança. Com essa capacidade de colaboração, eles acabaram se tornando úteis em várias indústrias, como montagem, manufatura, saúde e logística.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho de graduação é entender a história e o desenvolvimento dos *cobots*, comparando com os robôs industriais tradicionais e destacando onde esses robôs colaborativos são mais aplicados. Além disso, vamos olhar de perto a questão da segurança nessa colaboração entre humanos e máquinas. Com isso, a ideia é contribuir para uma visão mais completa do impacto dos *cobots* na modernização e na eficiência dos processos produtivos.

1.2 Justificativas

Estudar a colaboração entre humanos e robôs é essencial, já que cada vez mais indústrias apostam nos *cobots* pra aumentar a produtividade e diminuir o trabalho manual. A literatura já aponta vários benefícios dos *cobots*, como assumir tarefas

repetitivas e até perigosas, mas também traz alguns desafios, como o risco de acidentes por falhas na programação ou por mau uso.

Pensando na importância de garantir a integridade física e mental dos trabalhadores, este estudo pretende analisar como os *cobots* impactam a segurança no ambiente de trabalho. Vamos também explorar as normas e regulamentações que estão sendo criadas pra minimizar os riscos à segurança do trabalhador, ajudando a criar diretrizes que garantam um ambiente seguro e colaborativo. Dessa forma, este TCC busca não só destacar as vantagens dos *cobots*, mas também propor soluções práticas para enfrentar os desafios de segurança, promovendo uma convivência equilibrada entre humanos e tecnologia na indústria de hoje.

2 Revisão Bibliográfica

Este tópico terá como principal referência a dissertação “Fatores Impeditivos da Normatização Brasileira para o Uso do Robô Colaborativo no Setor Industrial” (Vido, 2018). Segundo o artigo de Gaskill e Went (1996), o robô industrial é visto como uma ferramenta de manipulação automática, reprogramável, com múltiplos propósitos e braços com vários graus de liberdade. A *Robotic Industries Association - RIA* (2016), complementa ainda, ao expressar que o robô industrial é concebido para manipular materiais, objetos, ferramentas ou dispositivos especiais por meio de movimentos programáveis.

2.1 Robos Colaborativos

O uso de robôs industriais, trazem alguns benefícios à instituição e ao operador; destacando-se a precisão ao desempenhar tarefas de maneira consistente e repetitiva, eliminando a necessidade da mão-de-obra humana em determinadas partes da produção consideradas insalubres ou perigosas (GROOVER, 2017; DJURIC; URBANIC; RICKLI, 2016; SLACK; BRANDON; JOHNSTON, 2015). Entretanto, os robôs apresentam limitações referentes a falta de agilidade devido ao alto tempo demandado para alternar tarefas; mostrando-se pouco flexível para adaptar-se a outras atividades em outras células de produção (KOOTBALLY, 2016).

Durante a maior parte da história, os robôs industriais têm sido separados dos humanos por razões de segurança (SHACKLEFORD et al., 2016); fator que foi modificado nos últimos tempos com o advento do uso dos robôs colaborativos nas linhas de produção. Segundo Groover (2017, p.20), “a combinação homem e máquina obtém vantagens produtivas através de suas forças e atribuições”. Esse sistema híbrido é flexível, ágil, rápido de implantar, ergonômico e modular (HEILALA; VOHO, 2001). Assim, o operador fornece suas habilidades senso motoras, de tomadas de decisão e de flexibilidade, enquanto o robô oferta a eficiência, força e precisão necessária; compensando as limitações um do outro, em uma operação colaborativa, em que ambos coexistem e cooperam de maneira segura (TSAROUCHI; SOTIRIS; CHRYSSOLOURIS, 2016; TAKATA; HIRANO, 2011; KRÜGER; LIEN; VERL, 2009; LIEN; RASCH, 2001).

O robô colaborativo foi criado em 1996 na *Northwestern University* em *Evanston*, Estado de *Illinois* nos Estados Unidos da América; pelos professores Edward Colgate e Michael Peshkin (PESHKIN et al., 2001). Ele pode ser conhecido por *cobot*, termo derivado do inglês *collaborative robot*; e é definido como

“[...] um robô desenhado para interagir fisicamente com humanos em um espaço de trabalho compartilhado e também para suprir a lacuna entre uma estação de trabalho manual e uma automática. Neste sistema, humanos e robôs cooperam para realizar tarefas de montagem e têm a vantagem de maximizar a eficiência do robô e a flexibilidade humana” (TAKATA; HIRANO, 2011).

No caso específico dos *cobots*, Bogue (2016) acrescenta às vantagens, os menores custos de instalação, devido essa falta de necessidade do uso de aparatos de segurança, o que também gera uma economia e melhor uso do espaço; e uma programação mais simples, que reduz o tempo e os custos de trabalho e permite um aumento da flexibilidade, devido a rápida adaptação às novas tarefas.

2.2 Segurança do operador no trabalho com os robôs colaborativos

É extremamente importante levar em consideração a segurança do operador, visto que os *cobots* devem operar ao lado dos humanos em um espaço de trabalho compartilhado, sem uma proteção convencional, como grades de segurança, barreiras de luz sensorizadas, etc (BOGUE, 2016; PESHKIN; COLGATE, 1999). Nesse sentido, são desenvolvidos mecanismos que permitem que os mesmos possam trabalhar e colidir de maneira segura com os humanos, uma vez que os seus braços articulados têm sensores de força interna, capazes de detectar possíveis colisões, suspendendo imediatamente o funcionamento e reduzindo a velocidade após a violação do espaço de trabalho (KHALID et al., 2016).

Mesmo assim, os robôs podem causar ferimentos graves no trabalhador, caso entre em contato com ele; o que pode ser solucionado por meio dos avanços tecnológicos, que permitem que se una a força e a precisão dos robôs, com a inteligência para a resolução de problemas dos humanos, de forma segura. Acredita-se que, garantindo a segurança do operador, o mesmo conquistará a confiança necessária para atuar livremente em colaboração com o robô; potencializando a eficiência e a produtividade do seu trabalho.

Dentre as lesões trabalhistas em torno dos *cobots*, Vasic e Billard (2013) destacam duas categorias principais: devido a erros de engenharia e a erros humanos. Os erros de engenharia são os erros provenientes da mecânica do robô, como, por exemplo, eletrônicos defeituosos ou peças soltas; enquanto os erros cometidos pelo controlador, viriam de erros de programação, por exemplo. Caso algum desses fatores venha a acontecer, os *cobots*, além de parar de atuar, podem apresentar perdas de controle; gerando riscos ao operador colaborador.

Alguns dos acidentes, de acordo com Vido (2018), podem incluir

“lesões por colisão junto à garra de manipulação, emaranhamento de cabos elétricos no piso, contusões devido ao desprendimento de peças do braço do cobot, cortes no corpo do operador, devido às bordas afiadas das garras de manipulação, e esmagamento de alguma parte do corpo, devido ao seu aprisionamento em estruturas circundantes.” (VIDO, 2018, p. 42)

Deste modo, para evitá-los, há a necessidade de implementar algumas tecnologias de segurança, determinadas de acordo com o projeto de segurança, ao identificar os possíveis riscos dentro do posto de trabalho. Elas podem ser cortinas de luz, scanners, sistemas de visão para parada ou restrição de velocidade do robô (BERTOLINI et al., 2016). Além disso, sensores, controladores de segurança e redes de comunicação embarcadas fornecem dados em tempo real, e reconhecem e detectam quaisquer objetos no ambiente; o que permite respostas imediatas a possíveis incidentes, evitando colisões (DJURIC; URBANIC; RICKLI, 2016). Para que a colaboração homem-robô seja efetiva, é necessário ainda planejar as distribuições de layout e os processos adequados, especificando os cobots e definindo deveres claros, levando em conta a sua capacidade e confiabilidade (GROOVER, 2017; IBARGUREN et al., 2015), além da segurança, que representa o problema central de um trabalho como este (GUIOCHET; MACHIN; WAESELYNCK, 2017; PEDROCCHI et al., 2013).

Tendo em vista essa crescente colaboração entre robôs e humanos, foi expedida pelo Comitê Europeu de Padronização em 2011, os padrões de segurança relativo aos *cobots*, a ISO 10218 - partes 1 e 2. Na qual, na parte 1 são descritas as exigências de segurança para os fabricantes de robôs, ou seja, é referente a orientação na concepção das características de segurança dos robôs. Enquanto a parte 2 abrange as exigências de segurança para o integrador do robô, isto é, visa o sistema industrial no qual o robô será inserido.

Em complemento a ISO 10218 foi publicada a norma ISO/TS 15066 em 2016, a qual visa um melhor e mais seguro emprego dos robôs colaborativos. Ela fornece diretrizes de segurança e especificações adicionais para o trabalho colaborativo entre humanos e robôs no mesmo espaço de trabalho. A norma é essencial para garantir que a interação direta entre robôs e operadores humanos ocorra de maneira segura e eficaz, mitigando riscos de lesões e outros tipos de acidentes. Os principais aspectos abordados por essa norma são:

- a) **Limitação de força e potência:** Define limites para a força e a potência que os robôs podem exercer ao interagir fisicamente com humanos. Esses limites variam conforme a parte do corpo humano que possa ser exposta ao robô, e são projetados para evitar lesões, estabelecendo níveis seguros de contato e de impacto.
- b) **Monitoramento de velocidade e separação:** Essa técnica prevê que o robô monitore a posição do operador e ajuste sua velocidade conforme a proximidade. Caso o operador entre em uma zona de segurança definida, o robô diminui ou interrompe sua operação.
- c) **Estratégias de segurança baseadas em design:** A ISO/TS 15066 sugere o uso de sensores, controladores de segurança e tecnologias de visão que identificam e respondem em tempo real a movimentações inesperadas do operador. Esses dispositivos são programados para parar o robô automaticamente ou reduzir sua velocidade em caso de aproximação ou colisão.
- d) **Configuração de espaço de trabalho colaborativo:** A norma recomenda a delimitação de zonas no espaço de trabalho, onde o robô operará em diferentes modos de segurança, com ajustes automáticos conforme o operador se aproxima ou interage.

No entanto no Brasil, até então não foi publicada uma regulamentação específica aos robôs colaborativos. Atualmente, apenas a NR-12, apresenta aspectos de segurança relacionada a máquinas e equipamentos, com definições básicas e medidas de ordem geral para todas as máquinas. Ademais, possuir uma definição que abrange referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelecer requisitos

mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas.

Outra vertente da segurança do trabalho diz respeito à seguridade que o trabalhador possui caso venha a ser demitido devido aos robôs que o substituírem. O inciso XXVII do artigo 7º previa uma lei complementar para regulamentar como seria a proteção dos trabalhadores perante à automação. Porém, 30 anos depois, ainda nada foi definido. Pelo menos 11 projetos de lei passaram pela Câmara dos Deputados e pelo Senado, 10 deles arquivados. O mais recente, foi apresentado em fevereiro de 2019 pelo deputado federal Wolney Queiroz (PDT-PE). O Projeto de Lei 1091/2019 estabelece que as empresas que optarem pela automação devem negociar com os trabalhadores afetados pela medida. As demissões em massa estariam proibidas e, caso algum funcionário fosse demitido pelo avanço das máquinas, deveria receber em dobro a rescisão trabalhista.

Para o doutor em Direito Constitucional Marthius Sávio Cavalcanti Lobato os sindicatos e os empregadores devem promover, conjuntamente, a capacitação do funcionário para uma nova atividade. “Não adianta o trabalhador receber o dobro da verba rescisória e ter que custear suas reinserções no mercado de trabalho. Se ele sai da empresa A, não vai arrumar emprego na mesma área na empresa B, porque provavelmente essa segunda empresa também vai ser automatizada para ser competitiva com as demais”, defende.

2.3 Outros Fatores que Melhoram a Segurança do Trabalhador

Além das normas e regulamentações, a segurança dos *cobots* depende muito da capacitação e conscientização dos trabalhadores. Treinamentos regulares e programas de conscientização ajudam os colaboradores a entenderem os riscos e as práticas seguras a serem seguidas. Afinal, uma equipe bem preparada é sempre uma grande aliada da segurança.

Os sensores de presença são fundamentais pra manter a segurança em ambientes de trabalho colaborativos. Esses sensores permitem que os *cobots* detectem a presença humana e reajam de forma adequada. Basicamente existem dois tipos de sensores, os de Proximidade que utilizam tecnologias como ultrassom, infravermelho ou capacitância pra detectar quando alguém se aproxima. Quando isso acontece, o robô pode diminuir a velocidade ou até parar e os Sensores de Câmera que usam um sistema de visão computacional para monitorar o ambiente e identificar a localização e os movimentos dos trabalhadores, proporcionando um nível mais avançado de detecção e resposta.

A limitação de força e torque é outro sistema de defesa essencial pra evitar lesões em caso de contato. *Cobots* são programados pra operar dentro de certos limites que garantem que a força aplicada nunca seja perigosa. Para isso, eles possuem um mecanismo de limitação de força como os *Soft-Stop* que quando detectam contato, os *cobots* podem aplicar um "soft-stop", que reduz a força aos poucos, em vez de desligar de repente, o que diminui o risco de lesões. Outro meio utilizado é a Força de Interação Controlada onde algoritmos monitoram a força em tempo real. Se passar do limite, o robô ajusta a operação automaticamente pra garantir a segurança.

Outro fator de segurança são os Sistemas de Parada de Emergência. Esses mecanismos garantem que o robô possa ser desligado rapidamente em caso de perigo. Os mais conhecidos são os Botões de Parada de Emergência que são localizados em pontos estratégicos na máquina permitindo que os operadores interrompam a operação do robô imediatamente caso algo aconteça e a Parada Automática que são programações dos *Cobots* para parar automaticamente se detectarem um risco, como a presença inesperada de alguém na área de operação.

Por fim, a ergonomia no *design* dos *cobots* também contribui pra segurança. *Cobots* fáceis de acessar e operar ajudam a reduzir o risco de erros. Por isso, interfaces de Usuário Intuitiva facilitam a interação dos operadores com o robô, evitando uso inadequado e o *design* físico dos *cobots* deve evitar bordas afiadas e partes que possam causar lesões.

3 Benefícios dos cobots para a segurança do trabalho

Para mostrar como os *cobots* trazem benefícios para a segurança dos trabalhadores, esse texto analisa na literatura científica atual sobre o impacto dos robôs colaborativos nesse quesito. Segundo Bortolini *et al.* (2017), quando os *cobots* são colocados em ação, a chance de acidentes de trabalho diminui bastante. Isso acontece porque esses robôs são programados pra parar suas atividades ao perceber a presença de humanos, reduzindo o risco de colisões e lesões.

Além disso, tarefas repetitivas e fisicamente pesadas costumam ser as causadoras das lesões musculoesqueléticas. De acordo com Duflou *et al.* (2019), usar *cobots* em trabalhos pesados pode aliviar essa carga em cima dos trabalhadores, permitindo que eles se concentrem em atividades mais cognitivas e menos arriscadas. E não é só isso: essa mudança melhora a segurança e ainda melhora a produtividade e a satisfação geral no trabalho.

Os *cobots* também podem ser projetados pra otimizar a ergonomia no ambiente de trabalho. Pesquisas de Tönnissen *et al.* (2020) mostram que eles podem ser ajustados pra se adaptar a diferentes condições e necessidades individuais, ajudando a prevenir problemas de saúde a longo prazo. Por exemplo, a possibilidade de ajustar a altura e a posição do *cobot* conforme a tarefa contribui pra que os trabalhadores mantenham uma postura melhor.

Outra vantagem é que os *cobots* ajudam a reduzir a chance de erros humanos em tarefas críticas. O'Malley *et al.* (2018) apontam que, com a colaboração entre humanos e robôs, os trabalhadores conseguem focar em decisões mais complexas, enquanto os *cobots* se encarregam das tarefas repetitivas com precisão. Isso não só melhora a segurança, mas também a qualidade do trabalho.

Em resumo, os *cobots* representam uma inovação bem significativa na automação industrial, trazendo benefícios reais para a segurança dos trabalhadores. Ao reduzir lesões, melhorar a ergonomia e minimizar erros humanos, esses robôs colaborativos têm o potencial de transformar o ambiente de trabalho em um lugar mais seguro e eficiente. À medida que a tecnologia avança, é fundamental que as indústrias integrem os *cobots* de forma a aproveitar ao máximo essas vantagens.

4 **Desafios e Considerações em relação à segurança**

Neste capítulo, veremos os desafios que surgem na hora de colocar os *cobots* em ação no ambiente de trabalho. Esses desafios podem ser técnicos, humanos ou até tecnológicos. No final, vamos discutir um pouco sobre os desafios futuros e as tendências que estão por vir.

4.1 **Desafios Relacionados à Integração dos Cobots no Ambiente de Trabalho**

Integrar os robôs colaborativos, ou *cobots*, nas empresas é uma mudança e tanto na forma como as coisas são feitas. Mas, essa transição vem acompanhada de alguns desafios importantes, especialmente quando se trata de interagir com os humanos. As empresas precisam encontrar um equilíbrio entre a eficiência que a tecnologia oferece e a segurança e conforto dos funcionários. Alguns obstáculos que aparecem nesse caminho incluem a adaptação cultural, o treinamento das equipes e a necessidade de repensar os processos. Além disso, é fundamental garantir que os *cobots* funcionem de forma segura e produtiva, levando em conta as limitações e habilidades dos seres humanos. Então, vamos explorar os principais desafios que aparecem nessa integração.

Um dos maiores desafios é identificar com precisão os riscos que vêm da interação homem-máquina. Diferente dos robôs tradicionais, que trabalham isolados, os *cobots* estão no mesmo espaço que os trabalhadores, aumentando o risco de acidentes, como colisões ou movimentos inesperados devido a falhas de programação. Também temos que considerar fatores humanos, como distrações, fadiga ou erros, que podem complicar ainda mais a situação.

Outro desafio importante é a criação de normas adequadas. Mesmo com normas de segurança como a ISO 10218 e a ISO/TS 15066, que se aplicam a robôs industriais e colaborativos, a evolução rápida dos *cobots* exige que essas regulamentações sejam constantemente revisadas e atualizadas. As empresas e os profissionais de segurança precisam estar por dentro dessas normas pra garantir que tudo esteja em conformidade e para mitigar os riscos.

Os *cobots* vêm equipados com sistemas de sensores avançados, algoritmos de detecção de movimento e inteligência artificial, tudo isso pra evitar acidentes. Mas, é bom lembrar que esses sistemas não são perfeitos. Falhas tecnológicas podem

acontecer e o funcionamento dos sensores pode ser afetado por iluminação inadequada, obstruções ou até mesmo bugs no software, o que pode resultar em problemas.

4.2 Considerações para a Garantia de Segurança

Quando se trata de integrar *cobots* no ambiente de trabalho, a segurança do trabalhador deve ser a prioridade número um. Vamos discutir algumas estratégias essenciais pra garantir uma interação segura e eficiente entre humanos e robôs colaborativos.

Primeiro, é fundamental fazer uma avaliação de risco detalhada antes de implementar os *cobots*. Isso envolve identificar possíveis fontes de perigo e analisar todos os cenários de interação entre humanos e robôs. Também é essencial realizar testes rigorosos para garantir que o *cobot* funcione dentro de limites seguros e que suas funções de segurança, como paradas de emergência e sensores anticolisão, estejam sempre operando corretamente.

Pra reduzir os riscos, os trabalhadores que vão interagir com os *cobots* precisam receber um treinamento bem especializado. Eles devem entender como os robôs funcionam, quais são suas limitações e quais os procedimentos de segurança a seguir. Além disso, é vital que os trabalhadores sejam preparados para agir em situações de emergência ou falhas operacionais dos *cobots*.

Os fabricantes de *cobots* também têm um papel importante aqui. Eles devem incorporar a segurança já na hora de desenhar os robôs. Isso significa usar materiais leves pra minimizar impactos, definir limites de força e velocidade que possam ser ajustados, e incluir funcionalidades como zonas de segurança que podem ser ajustadas e respostas rápidas quando um humano se aproxima inesperadamente.

Monitorar os *cobots* constantemente é essencial pra garantir que eles estejam funcionando de maneira segura e eficiente. Usar sistemas de monitoramento em tempo real, junto com rotinas de manutenção preventiva, ajuda a detectar falhas antes que possam causar problemas de segurança. Qualquer anomalia ou erro nos sistemas de sensores e controle deve ser corrigido na hora pra evitar incidentes.

4.3 Limites Humanos e Psicológicos

Conforme a indústria adota *cobots* pra aumentar a eficiência e a produtividade, novos desafios surgem na interação entre humanos e máquinas. Vamos explorar as barreiras mais significativas nessa interação, focando não só nos aspectos técnicos, mas também nos psicológicos e de comunicação.

Um desafio psicológico importante é a confiança dos trabalhadores. Mesmo que os *cobots* sejam feitos pra operar com segurança, muitos trabalhadores podem sentir um certo desconforto ou desconfiança ao trabalhar ao lado de uma máquina autônoma. Isso pode acabar limitando a aceitação da tecnologia e, consequentemente, a eficiência dessa interação. Pra contornar isso, é fundamental que as empresas ofereçam treinamento e capacitação, mostrando como os sistemas de segurança funcionam e quais são os benefícios de trabalhar com os *cobots*.

Outro ponto que merece atenção é a fadiga e a atenção dos trabalhadores. Todos sabemos que, como seres humanos, estamos sujeitos a distrações, cansaço e lapsos de atenção, o que pode aumentar o risco de acidentes ao interagir com os *cobots*. Mesmo com toda a segurança projetada nos robôs, a falta de atenção humana pode gerar situações perigosas. Por isso, a programação e o design dos *cobots* precisam levar em conta a possibilidade de erros humanos e incluir medidas de segurança pra essas situações.

Por último, a comunicação entre humanos e *cobots* ainda tem suas limitações. Embora alguns robôs tenham interfaces intuitivas ou até comandos de voz, a interação em situações complexas pode não ser tão fluida assim. Isso pode impactar a colaboração. Problemas na interpretação de comandos ou a falta de uma interface de comunicação que use uma linguagem mais natural podem ser barreiras que limitam o potencial dessa interação.

4.4 Desafios Futuros e Tendências

Com o avanço da automação e a crescente adoção de *cobots* em várias indústrias, os desafios de segurança também vão evoluir. Novos cenários, como o uso de *cobots* em ambientes não industriais ou em operações mais sensíveis, podem exigir abordagens de segurança ainda mais rigorosas. A integração de inteligência artificial e *machine learning* nos *cobots*, por exemplo, pode aumentar a capacidade de prever e evitar riscos, mas também traz novas questões sobre a confiabilidade desses sistemas.

Além disso, a tendência de humanizar a interface dos *cobots*, com interfaces mais amigáveis e interativas, pode facilitar o uso seguro, mas também pode criar riscos inesperados se não forem implementadas com cuidado.

5 Futuro da colaboração homem-robô em ambiente de trabalho

Neste capítulo, a ideia é discutir como a interação entre humanos e robôs pode impactar o ambiente de trabalho, levando em conta não só os aspectos de produtividade, mas também os ergonômicos e sociais. Vamos fazer uma revisão da literatura e analisar alguns estudos recentes pra tentar prever o que o futuro trará nessa relação e quais os desafios que vão surgir.

5.1 Impactos da Automação no Mercado de Trabalho

A automação, especialmente em fábricas e centros de distribuição, está bem evoluída. Segundo os estudos de Brynjolfsson e McAfee (2017), enquanto a automação pode acabar com empregos repetitivos e perigosos, também gera uma nova leva de oportunidades pra quem está a fim de trabalhar com tecnologias que gerenciam e mantêm esses robôs.

Além disso, Huang et al. (2019) mostra que o trabalho em equipe entre robôs e humanos tende a acontecer em tarefas que pedem muita flexibilidade e variedade. Mas, tem também a preocupação com a adaptação dos trabalhadores a esse novo cenário, o que significa que vai ser preciso investir em capacitação e requalificação dos trabalhadores pra lidar com essas mudanças.

5.2 Benefícios e Desafios da HRC

Trabalhar ao lado dos robôs traz muitas vantagens, como aumento de produtividade, redução de erros e melhoria nas condições de trabalho, especialmente em tarefas que são perigosas ou exigem muito fisicamente (LOURENÇO et al., 2020). Mas, como tudo na vida, também existem desafios. A segurança, a confiança e a aceitação dos trabalhadores em relação aos robôs são questões que não podem ser deixadas de lado.

De acordo com Villani et al. (2018), um dos maiores desafios é garantir a segurança dos trabalhadores. Isso exige que nós desenvolvamos sistemas robóticos que consigam prever e evitar interações perigosas. E a aceitação dos humanos

depende de fatores psicológicos e culturais, que influenciam como eles veem a presença dos robôs no dia a dia do trabalho.

5.3 Inovações Tecnológicas em Robótica Colaborativa

Uma das inovações que estão impulsionando a robótica colaborativa é o desenvolvimento de sensores mais avançados. Esses sensores, como câmeras 3D e tecnologias LIDAR, ajudam os robôs a entenderem melhor o ambiente em que estão e a garantir que possam operar com segurança perto dos humanos.

A integração de sensores de proximidade e detecção de obstáculos está se tornando comum nas indústrias. Segundo Prati et al. (2021), sensores de nova geração, que usam ultrassom e infravermelho, estão sendo combinados com algoritmos de aprendizado profundo pra melhorar a capacidade dos robôs de prever movimentos humanos e evitar acidentes.

A IA nos robôs colaborativos também é uma grande sacada. Ela permite que eles “aprendam” com interações passadas e aprimorem suas habilidades com o tempo. Sistemas de aprendizado de máquina ajudam os robôs a adaptarem seu comportamento com base no contexto do trabalho e nas preferências dos humanos.

Sutton et al. (2022) apontam que o aprendizado por reforço, uma técnica de IA, está sendo cada vez mais usado nos *cobots* pra otimizar tarefas, como montagem e transporte de materiais, sem a necessidade de programação direta. Essa capacidade de aprendizado dinâmico é uma inovação que ajuda a aumentar a aceitação e a eficiência dos robôs colaborativos.

Outra evolução importante é a robótica modular, onde diferentes módulos robóticos podem ser montados pra realizar tarefas específicas. Essa flexibilidade é ótima, pois permite que os robôs sejam rapidamente reconfigurados para novas tarefas, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a produtividade (Yuan et al., 2021). A robótica modular também facilita o conserto e a manutenção, já que peças quebradas podem ser trocadas sem a necessidade de substituir o robô todo.

As interfaces homem-máquina (HMI) estão ficando mais intuitivas e naturais, o que ajuda bastante na interação dos trabalhadores com os robôs. Comandos por voz, gestos ou até realidade aumentada (RA) são algumas das inovações que tão facilitando essa comunicação.

Com a realidade aumentada, por exemplo, os operadores conseguem ver informações sobre o robô e suas tarefas em tempo real, melhorando o diagnóstico e a manutenção. Costa et al. (2023) afirmam que a integração de RA e IA nas HMIs melhora a experiência do usuário e a eficiência no treinamento de novos trabalhadores.

Outra inovação interessante são os robôs colaborativos mais leves e portáteis, que podem ser movidos com facilidade dentro de uma fábrica. Esses robôs foram projetados pra serem fáceis de programar e operar, permitindo uma integração rápida e econômica em pequenas e médias empresas.

A *Universal Robots*, que é uma das líderes nesse mercado, criou *cobots* que podem ser configurados e reprogramados em minutos, sem precisar de programadores especializados. Essa facilidade de uso é um ponto-chave que está impulsionando a adoção em setores que têm menos recursos tecnológicos.

5.4 Tendências Futuras em Robótica Colaborativa

O futuro da robótica colaborativa está muito ligado ao aumento da autonomia dos robôs. Com os avanços contínuos da IA, a expectativa é que os *cobots* consigam realizar tarefas cada vez mais complexas de forma independente, colaborando melhor com os humanos.

Uma das tendências que está surgindo é o desenvolvimento de robôs que têm mais capacidade de raciocínio e tomada de decisão. Isso vai permitir que eles compreendam melhor o contexto em que estão atuando e ajustem suas ações de acordo com os objetivos da equipe humana. Segundo Schmitt et al. (2023), robôs autônomos no futuro poderão se adaptar automaticamente a diferentes ambientes de trabalho, como hospitais e armazéns, e lidar com mudanças inesperadas nas condições.

Atualmente, os robôs colaborativos estão bem presentes nas indústrias, mas uma tendência crescente é a sua aplicação em setores de serviços, como saúde, educação e comércio. Na saúde, por exemplo, robôs colaborativos já estão ajudando em cirurgias e atendendo pacientes, enquanto robôs de assistência podem dar suporte a idosos e pessoas com deficiência.

Na área educacional, robôs colaborativos estão sendo desenvolvidos pra atuar como assistentes no ensino, principalmente em atividades interativas que envolvem

programação e tecnologia. Esses robôs não só ajudam os professores, mas também são ferramentas de aprendizado para as crianças.

A fusão de robôs colaborativos com assistentes de IA, como sistemas de voz e *chatbots*, é outra tecnologia que vem crescendo. Essa integração vai permitir que os trabalhadores humanos se comuniquem de forma mais fluida e natural com os robôs, atribuindo tarefas e recebendo feedback diretamente por meio de comandos verbais. Beane et al. (2022) ressaltam que a comunicação multimodal entre robôs e humanos, que envolve interações físicas, verbais e gestuais, está em constante evolução. Essa tendência promete criar ambientes de trabalho super colaborativos, onde robôs e humanos trabalham como verdadeiros parceiros.

Outra inovação importante são os robôs que consomem menos energia e são feitos com materiais mais sustentáveis. Com o aumento das preocupações ambientais, as empresas estão sendo pressionadas a adotar tecnologias que não só melhorem a eficiência, mas que também reduzam o impacto ambiental. Robôs colaborativos com sistemas que desligam automaticamente quando não estão em uso e que usam materiais recicláveis são exemplos de iniciativas que visam tornar a robótica colaborativa mais sustentável (Green et al., 2021).

6 Estudos de casos bem-sucedidos

6.1 Exemplo de Implementação na Ford

A indústria automobilística tem sido uma das pioneiras na adoção de *cobots*, com empresas como Ford utilizando esses robôs para melhorar a eficiência e a segurança nas linhas de montagem. Na fábrica da Ford em Colônia, Alemanha, *cobots* foram integrados para auxiliar os trabalhadores em tarefas repetitivas e fisicamente exigentes, como a montagem de componentes do motor e a aplicação de vedação em partes automotivas. De acordo com um relatório publicado na *Automotive Manufacturing Solutions* (2020), a utilização de *cobots* reduziu o número de lesões musculoesqueléticas em trabalhadores, uma vez que os robôs assumiram tarefas que envolvem levantamento de cargas pesadas e posturas ergonomicamente inadequadas.

6.1.1 Impacto na Segurança

Os *cobots* utilizados na Ford possuem sensores de detecção de proximidade e força, permitindo que eles interrompam imediatamente suas operações caso detectem a presença de um trabalhador em uma zona de risco. Isso elimina a necessidade de cercas ou barreiras de segurança, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e colaborativo. De acordo com Villani et al. (2018), esses avanços tecnológicos contribuem para a redução de acidentes no local de trabalho, além de melhorar a percepção de segurança dos trabalhadores, que passam a ver os *cobots* como auxiliares e não como concorrentes.

6.2 Exemplo de Implementação na Amazon

A indústria de logística também está adotando *cobots* em larga escala, especialmente em operações de armazém. A *Amazon*, uma das maiores empresas de e-commerce do mundo, utiliza *cobots* para auxiliar no transporte e manuseio de mercadorias em seus centros de distribuição. Segundo um artigo publicado na

Logistics Management (2022), os *cobots* da *Amazon*, como os robôs da linha *Kiva*, são programados para se moverem pelo armazém, transportando prateleiras inteiras de produtos até os trabalhadores humanos para que eles possam realizar a separação e embalagem de itens com mais segurança.

6.2.1 Impacto na Segurança

Com a automação dessas tarefas, os trabalhadores humanos são poupados de atividades fisicamente extenuantes, como o carregamento de caixas pesadas ou o deslocamento repetitivo por longas distâncias. Isso reduz o risco de lesões por esforço repetitivo e acidentes relacionados ao levantamento inadequado de peso. Estudos mostram que a implementação de *cobots* na *Amazon* diminuiu em 20% os índices de acidentes e lesões relacionadas ao manuseio de cargas pesadas (Huang et al., 2019). Além disso, os *cobots* da *Amazon* são equipados com sensores avançados de navegação que evitam colisões com pessoas ou outros objetos, proporcionando uma camada adicional de segurança. A comunicação entre os robôs e os sistemas de controle centralizados também garante que os movimentos dos *cobots* sejam coordenados de forma eficiente, evitando situações de risco.

6.3 Exemplo de Implementação na GlaxoSmithKline (GSK)

A indústria farmacêutica exige altos níveis de precisão e controle de qualidade, além de medidas rigorosas de segurança para proteger os trabalhadores e garantir a integridade dos produtos. A GlaxoSmithKline (GSK) implementou *cobots* para automatizar a embalagem e o manuseio de medicamentos em ambientes estéreis. Os *cobots* são responsáveis por atividades como a selagem de frascos e a embalagem de medicamentos, reduzindo o risco de contaminação humana.

Um artigo publicado na *Pharmaceutical Technology* (2021) relata que a implementação de *cobots* na GSK melhorou a segurança dos trabalhadores ao minimizar a exposição a produtos químicos potencialmente perigosos e ao reduzir a necessidade de manipulação direta de substâncias sensíveis.

6.3.1 Impacto na Segurança

A principal vantagem dos *cobots* na indústria farmacêutica é sua capacidade de operar em ambientes controlados sem comprometer os protocolos de segurança. Ao substituir trabalhadores humanos em tarefas realizadas em ambientes estéreis, os *cobots* reduzem a exposição a agentes químicos nocivos e minimizam os riscos de erro humano que poderiam resultar em acidentes ou contaminação de produtos. Além disso, o uso de *cobots* reduziu significativamente o número de acidentes relacionados à fadiga e à exposição a substâncias perigosas (Prati et al., 2021).

6.4 Exemplo de Implementação na Nestlé

A Nestlé, gigante do setor de alimentos e bebidas, implementou *cobots* em suas fábricas para automatizar tarefas como o empacotamento e a paletização de produtos alimentícios. Segundo a *Food Engineering Magazine* (2022), esses robôs colaborativos trabalham lado a lado com humanos em um ambiente de produção que exige altos níveis de higiene e precisão.

6.4.1 Impacto na Segurança

A utilização de *cobots* na Nestlé trouxe benefícios substanciais para a segurança do trabalho. Em primeiro lugar, os *cobots* estão encarregados de tarefas repetitivas e fisicamente exigentes, como levantar e organizar pacotes de alimentos. Isso reduziu a incidência de lesões por esforço repetitivo e acidentes relacionados ao manuseio inadequado de cargas.

Além disso, os *cobots* são configurados para operar em ambientes que seguem rigorosos padrões de segurança alimentar, reduzindo o risco de contaminação dos produtos. Os sensores de segurança, que permitem que os *cobots* parem automaticamente quando detectam a presença de um trabalhador, também minimizam o risco de acidentes nas áreas de produção.

7 **Desafios e Considerações Finais**

Os *cobots* mostram que podem fazer muita diferença na segurança dos trabalhadores em vários setores, mas implementar essa tecnologia não é fácil. Um dos grandes problemas que enfrentamos é como integrar esses robôs de forma que os trabalhadores se sintam à vontade e confiantes ao lado dessas máquinas. Como aponta Ribeiro et al. (2021), um bom treinamento é essencial pra aproveitar ao máximo os benefícios dos *cobots* e evitar acidentes que podem acontecer por mal-entendidos ou uso inadequado.

Além disso, outro ponto é garantir que a chegada dos *cobots* venha acompanhada de políticas de requalificação e capacitação dos trabalhadores. Isso é super importante para que eles possam assumir funções mais complexas e criativas no dia a dia.

8 Conclusão

Neste trabalho, conseguimos dar uma olhada bem ampla no impacto dos *cobots* (ou robôs colaborativos) na segurança do trabalhador, destacando tanto os benefícios quanto os desafios que essa tecnologia traz pro ambiente industrial. A segurança no trabalho com *cobots* é um ponto central, e os avanços tecnológicos e normativos têm ajudado a criar ambientes mais seguros e colaborativos. Os benefícios, como a diminuição da exposição dos trabalhadores a tarefas perigosas, repetitivas e que não são boas para a ergonomia, mostram como essa tecnologia pode ajudar a prevenir acidentes e lesões no trabalho.

Mas, por outro lado, ficou claro que a introdução de *cobots* no ambiente de trabalho exige uma atenção redobrada a vários aspectos. Isso inclui o desenvolvimento de normas de segurança adequadas e a capacitação contínua dos trabalhadores, para que eles consigam interagir de forma segura e eficiente com essas máquinas. A colaboração entre humanos e robôs está amadurecendo e enfrenta desafios, especialmente quando se trata de confiança entre os operadores e as máquinas, além da adaptação da cultura de segurança no trabalho.

Os estudos de casos que analisamos mostraram que, quando os *cobots* são implementados corretamente, eles podem melhorar as condições de trabalho, criando um ambiente mais seguro e produtivo. Mas, para que isso aconteça, é preciso um planejamento cuidadoso, avaliação constante de riscos e melhorias contínuas nas normas que regulam essa tecnologia.

O futuro da colaboração entre humanos e robôs promete trazer inovações incríveis, com tecnologias cada vez mais seguras e eficientes. À medida que essa integração avança, a expectativa é que o papel dos *cobots* se expanda, trazendo não só mais segurança, mas também eficiência e qualidade no trabalho realizado. Por isso, é fundamental continuar investindo em pesquisas, em melhorias tecnológicas e em treinamentos, garantindo que o progresso tecnológico ande de mãos dadas com a proteção dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION. **ANSI/RIA R15.06-2012**. American national standard for industrial robots and robot systems safety requirements. [s.l.]: ANSI/RIA, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. ISO/TS 15066:2016**: Robots and robotic devices – Collaborative robots. São Paulo: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR ISO 10218-1:2012**: Robôs e dispositivos robóticos – Requisitos de segurança para robôs industriais – Parte 1: Robôs. São Paulo: ABNT, 2012.

BOGUE, R. Collaborative robots: a review of applications and safety considerations. **Industrial robot: An international journal**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 123-130, 2018.

BORTOLINI, M., *et al.* Collaborative robots and their impact on safety in manufacturing environments. **Journal of safety research**, [s.l.], v. 63, p. 155-166, 2017.

BORTOLUZZI, S. *et al.* Implementation of collaborative robots in industry: opportunities and challenges for workers' safety. **International journal of environmental research and public health**, [s.l.], v. 17, n. 22, 8436, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora nº 12 (NR 12) — segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Atualizada conforme a Portaria MTP n. 4219, de 20 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 07 set. 2024.

CHAO, Y.; WANG, H.; LI, S. Human-robot collaboration: Design, Opportunities and challenges. **Robotics journal**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 78-90, 2020.

DUFLOU, J. R., *et al.* Reducing workplace injuries with collaborative robots. **International journal of industrial ergonomics**, [s.l.], v. 72, 102829, 2019.

EUROPEAN COMMISSION. Directive 2006/42/EC on machinery. **Official Journal of the European Union**, [s.l.], 2006. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/42/oj>. Acesso em: 08 set. 2024.

GASKILL, S. P.; WENT, S. R. G. Safety issues in modern applications of robots. **Reliability engineering and system safety**, [s.l.], v. 53, n. 3, p. 301-307, 1996.

GOSSMANN, H.; REINHARDT, A. Safety in human-robot collaboration: a critical review. **Journal of safety research**, Oxford, v. 62, p. 215-228, 2017.

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. Ed. [s.l.]:[s.n.], 2011.

HUANG, H.; MEIER, C.; SCHMIDT, P. The impact of collaborative robotics on productivity and worker well-being. **Automation in industry journal**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 55-70, 2019.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. Collaborative robots (Cobots): **Emerging technologies that shape the future of industry**. Disponível em: <https://ifr.org>. Acesso em: 12 set. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **ISO 10218-1:2011**. Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots. [s.l.]: ISO, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **ISO/TS 15066:2016**: Robots and robotic devices: Collaborative robots. [s.l.]: ISO, 2016.

KUKA R. GMBH. **Human-robot collaboration**: safe robotics for efficient production. Disponível em: <https://www.kuka.com>. Acesso em: 10 set. 2024.

KUO, S.; LEE, Y. Safety design of collaborative robots. **Robotics and computer-integrated manufacturing**, [s.l.], v. 54, p. 115-123, 2018.

LOURENÇO, P.; SANTOS, M.; PEREIRA, D. Human-robot interaction: A survey of safety and acceptance factors. **International journal of robotics research**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 345-360, 2020.

NIOSH. Workplace safety and health topics: Robotics. **National institute for occupational safety and health**, 2022. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/robotics/default.html>. Acesso em: 13 set. 2024.

OLIVEIRA, J.; SILVA, T.; Lopes, G. Collaborative robotics in healthcare: challenges and opportunities. **HealthTech journal**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 22-34, 2022.

O'MALLEY, M., *et al.* Human-robot collaboration: A safety perspective. **Robotics and computer-integrated manufacturing**, [s.l.], v. 54, p. 179-187, 2018.

ROBOTIC INDUSTRIES ASSOCIATION. Collaborative robots. **Robotics**, Ann Arbor, [s.d.]. Disponível em: <https://www.robotics.org/>. Acesso em: 06 set. 2024.

PRATI, M.; COSTA, G.; RICCI, P. Sensor fusion and machine learning for collision detection in collaborative robots. **Journal of robotics and AI**, [s.l.], v. 24, n. 5, p. 133-145, 2021.

RIBEIRO, A.; SOUSA, F.; MARTINS, J. The future of human-robot collaboration in industrial settings. **Journal of industrial robotics**, [s.l.], v. 35, n. 2, p. 123-135, 2021.

SHAMUDDOHA, M.; AHSAN, M. Safety measures in cobot integration: A comprehensive review. **Journal of manufacturing processes**, Dearborn, v. 38, p. 177-189, 2019.

SILVA, C. W.; KHATIB, O. Collaborative Robotics: A new era in human-robot interaction. **IEEE Robotics and Automation Magazine**, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 22-28, 2016.

TÖNNISSEN, S.; HELLER, A. Implementing collaborative robots in manufacturing: safety and productivity challenges. **International journal of advanced manufacturing technology**, [s.l.], v. 107, n. 5-6, p. 1677-1689, 2020.

VIDO, M. **Fatores impeditivos da normatização brasileira para o uso do robô colaborativo no setor industrial**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2018. Disponível em <https://repositorio.fei.edu.br/bitstream/FEI/127/1/fulltext.pdf>. Acesso em: 07 set. 2024.

VILLANI, V.; PIETROPAOLI, N.; HERRERA, G. Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. **Robotics and computer-integrated manufacturing**, [s.l.], v. 61, 2020.

VILLANI, V.; PUGLIESE, L.; ZENG, Q. Human-Robot collaboration: an overview of safety and interaction protocols. **Journal of intelligent robotics systems**, [s.l.], v. 91, n. 3, p. 47-65, 2018.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALBANO, C. **Problemas e ações na adoção de novas tecnologias de informação: um estudo em cooperativas agropecuárias do Rio Grande do Sul**. 2001. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. KUKA Roboter traz para a Expomafe 2019 o RoboCoaster e realidade virtual. Automação industrial, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/kuka-roboter-traz-para-a-expomafe-2019-o-robocoaster-e-realidade-virtual/>. Acesso em: 17 julho. 2024.

COLTRE, J.; MARTINS, L. A indústria 4.0 na gestão estratégica: desafios e oportunidades para as empresas brasileiras. **Revista terra e cultura: Cadernos de ensino e pesquisa**, v. 34, n. especial, 2018.

FANUC. Robôs Colaborativos. Fanuc, Vilar, [s.d]. Disponível em: <https://www.fanuc.eu/pt/pt/rob%C3%B4s/p%C3%A1gina-filtro-rob%C3%B4s/rob%C3%B4s-colaborativos>. Acesso em: 24 julho. 2024.

NEVES, C *et al.* Os dez maiores desafios da automação industrial: as perspectivas para o futuro. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, [s.n],2,, 2007, João Pessoa - PB. **Anais [...]**. João Pessoa, 2007.

STEFANOVITZ, J.; NAGANO, M. Gestão da inovação: análise e síntese dos conceitos. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 11-23, jun. 2014.