INTERFACE TECNOLÓGICA

ROBÓTICA COLABORATIVA NA INDÚSTRIA 4.0, SUA IMPORTÂNCIA E DESAFIO

COLLABORATIVE ROBOTICS IN INDUSTRY 4.0, ITS IMPORTANCE AND CHALLENGE

Renan Soares – rsoares@uniara.edu.br
Universidade de Araraquara (UNIARA) – Araraquara – São Paulo – Brasil

André Vicente Ricco Lucato – avrlucato@uniara.edu.br
Universidade de Araraquara (UNIARA) – Araraquara – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v18i2.1298
Data de submissão: 15/09/2021
Data do aceite: 03/11/2021
Data da publicação: 30/12/2021

RESUMO

Este artigo é um estudo sobre a importância da robótica colaborativa na indústria 4.0, apresentado as vantagens, desvantagens e desafios que esta tecnologia tem que superar. A quarta revolução industrial que se vive neste momento é o resultado da soma de nove principais tecnologias, gerando-se grande impacto no ambiente industrial, modificando a mão de obra podendo trazer grandes benefícios. A robótica colaborativa traz segurança, pois o operador pode trabalhar de forma colaborativa com o robô sem correr riscos de lesão, além de melhora na ergonomia dos mesmos. Portando este artigo foi elaborado com o objetivo de demonstrar qual a importância da robótica colaborativa na indústria 4.0, trazendo as suas vantagens, desvantagens e desafios que precisam ser superados, apontando aspectos que necessitam de mais estudos. Foi utilizado a pesquisa bibliográfica qualitativa a partir de dados obtidos em livros e artigos científicos por meios eletrônicos. Os resultados desse trabalho apontam que os robôs colaborativos são de grande importância para flexibilização da indústria 4.0, sendo fáceis de programar podendo variar sua atividade sem grandes esforços, além de se demonstrar vantajoso economicamente, com tudo a sua adaptabilidade e divisão de atividades são aspectos que precisam ser melhor estudados para garantir total eficiência em operações colaborativas.

Palavras-chave: Robótica Colaborativa. Indústria 4.0. Colaboração Humano-Robô.

ABSTRACT

This article is a study about the importance of collaborative robotics in Industry 4.0, presenting the advantages, disadvantages and challenges that this technology has to overcome. The fourth industrial revolution is the result of the sum of nine main technologies, generating a great impact on the industrial environment, changing the workforce and bringing great benefits. Collaborative robotics brings safety, because the operator can work collaboratively with the robot without risking injury, as well as improving ergonomics. Therefore, this article was elaborated with the objective of demonstrating the importance of collaborative robotics in

Industry 4.0, bringing its advantages, disadvantages and challenges that need to be overcome, pointing out aspects that need further studies. The qualitative bibliographic research was used, based on data obtained from books and scientific articles by electronic means. The results of this work point out that collaborative robots are of great importance for the flexibility of Industry 4.0, being easy to program and being able to vary their activity without much effort, besides proving to be economically advantageous, with everything its adaptability and division of activities are aspects that need to be better studied to ensure total efficiency in collaborative operations.

Keywords: Collaborative Robotics. Industry 4.0. Human-Robot Collaboration.

1 INTRODUÇÃO

A soma de diversos avanços quase simultâneos no final do século XVIII em química, metalurgia, engenharia mecânica e outras disciplinas, resultou no que chama-se hoje de primeira revolução industrial, com o surgimento do motor a vapor desenvolvido por James Watt entre 1765 e 1776, trazendo a mais rápida e maior transformação em toda a história humana, sendo a primeira vez que nosso progresso foi impulsionado, principalmente pela inovação. (OLIVEIRA, 2004)

Um pouco mais de um século depois, em meados da segunda revolução industrial surgiu a palavra robô, por meio de uma peça teatral de ficção científica tcheca de Karel Capek em 1921 R.U.R (*Rossum's "Universal" Robots*) a palavra robô deriva de robota que é uma palavra de origem eslava, que o significado de "trabalho forçado". (GAMERO, 2018)

A terceira revolução industrial foi marcada por avanços na eletrônica e computação, com isto surgiu o primeiro robô industrial instalado foi em um chão-de-fábrica de uma empresa em 1961, denominado como UNIMATE projetado por George Devol, foi resultado da combinação entre tecnologia de controle desenvolvida em máquinas operatrizes com comando numérico e mecanismos articulados com garras. (MASULO e CARDOSO, 2012).

Em 1996 alguns anos depois do primeiro robô ser instalado, são desenvolvidos os robôs colaborativos também conhecidos por *cobots* (do inglês *collaborative robots)*, que são máquinas que trabalham lado a lado com os humanos, sem a necessidade de dispositivos de segurança, por exemplo cortinas de luz e cercas. Em um processo de trabalho compartilhado, eles reduzem o desgaste físico e auxiliam o operador humano. (VIDO, 2018)

Com a digitalização da informação é possível a interconexão de todas as etapas da produção, surgindo assim a revolução conhecida como indústria 4.0, a quarta revolução

industrial é baseada em nove tecnologias, também chamados de nove pilares, entre elas estão os robôs que podem ser autônomos e também colaborativos. (PEREIRA e SIMONETTO, 2018)

Este artigo é um estudo sobre as vantagens, desvantagens e desafios da robótica colaborativa na indústria 4.0 e como esta está tecnologia pode modificar a mão de obra nos setores industriais.

Os trabalhos referentes a esse tema, relacionando-os e comparando-os, são de grande importância para elevar o nível de discussão e gerar material de estudo a fim de impulsionar o desenvolvimento de outros trabalhos, além de propiciar conteúdo para apoiar a tomada de decisão nas organizações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção será apresentado a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do presente trabalho, apresentado o contexto histórico e principais características da indústria 4.0 e dos robôs colaborativos.

2.1 Indústria 4.0

Na feira de Hannover de 2011 foi apresentado pela primeira vez o conceito de indústria 4.0 ao público. Patrocinada e incentivada pelo governo alemão em associação com empresas de tecnologia, universidades e centros de pesquisa do país, propõe uma mudança de paradigma na maneira como as fábricas são operadas. Visando no futuro uma completa descentralização do controle dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados, ao longo de toda a cadeia de produção e logística. (POLLUX, 2017)

> O processo de digitalização da Indústria 4.0, a produção se entrelaça com a mais recente tecnologia de informação e comunicação. A força motriz por trás desse desenvolvimento é a rápida digitalização da economia e da sociedade. Está mudando a maneira como a produção e o trabalho são realizados na Alemanha: após a mecanização, eletrificação e automação, a segunda onda de digitalização está anunciando a quarta revolução industrial. (KAGERMANN., 2011, p. n.p)

A ideia da indústria 4.0 está relacionada ao surgimento de fábricas inteligentes, conhecido como *Smart Factories*, esta solução de produção permite, um mundo em constante aumento de complexidade, uma rápida e dinâmica resolução de problemas, assim como processos de produção mais flexíveis e adaptativos. (RADZIWON, et al., 2014).

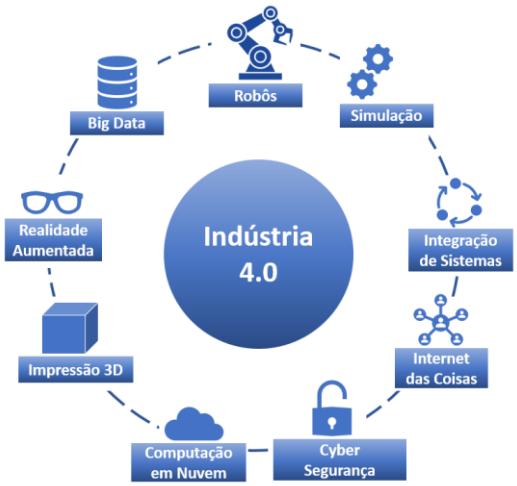
No ambiente da indústria 4.0, os sistemas cyber-físicos são conectados as máquinas, componentes e softwares em rede, facilitarão o processo de troca de dados e sua monitorização. São geradas novas conexões máquina-máquina, homem-máquina ou homem-homem, via internet das coisas, internet de serviços e internet das pessoas, permitindo o acesso a uma enorme quantidade de dados. Na nuvem, esses dados podem ser armazenados e interpretados com a ajuda de tecnologias como *big data analytics*, possibilitando prever possíveis falhas e adaptar em tempo real qualquer alteração nas condições de funcionamento de um sistema. (RICHERT, et al., 2016)

> Nesta transformação, sensores, máquinas, peças de trabalho e sistemas de TI serão conectadas ao longo da cadeia de valor além de uma única empresa. Esses sistemas conectados (também chamados de sistemas ciberfísicos) podem interagir entre si usando protocolos padrão baseados na Internet e analisar dados para prever falhas, configurar-se e adaptar-se às mudanças. O setor 4.0 tornará possível reunir e analisar dados entre máquinas, permitindo processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes para produzir mercadorias de maior qualidade a custos reduzidos. Por sua vez, isso aumentará a produtividade da manufatura, mudará a economia. (RÜßMANN, *et al*., 2015, p 1)

Pode até não ser evidente, mas todos os nove pilares da indústria 4.0 representados na Figura 1 são amplamente utilizados para os avanços em áreas da ciência e tecnologia. Estas tecnologias avançam rapidamente, por este fato os processos de produção também devem seguir essa velocidade.

INTERFACE TECNOLÓGICA

Figura 1. Nove pilares da indústria 4.0



Fonte: Adaptado de (Embalagem Marca, 2017).

A implementação das novas tecnologias associadas à indústria 4.0, provocará grandes mudanças, não somente na indústria, no desenvolvimento de novos modelos de negócios, produtos e serviços, mas também na sociedade, modificando radicalmente os modelos organizacionais existentes. Consequentemente, tornar o processo de produção cada vez mais digital e inteligente, a qual deverá ser uma exigência para as atuais e futuras empresas. (LOUREIRO, 2018)

2.2 Robô Colaborativo

O primeiro robô colaborativo foi desenvolvido em 1996 pelos professores J. Edward Colgate e Michael Peshkin na Northwestern University, localizada em Evasnton no estado de Illinois, Estados Unidos. Os *cobots* foram inicialmente chamados de "máquinas de restrição programáveis", destacando um método passivo e seguro para permitir que um computador criasse uma superfície de restrição para um usuário humano. (NORTHWESTERN, 2021)

O termo *cobot* foi cunhado por Brent Gillespie, sendo escolhido como uma das palavras do amanhã pelo *Wall Street Journal* em sua edição de 1º de janeiro de 2000. A primeira patente relacionada a *cobots* foi registrada em fevereiro de 1996, e uma patente usando o novo nome foi registrada em outubro de 1997. (NORTHWESTERN, 2021)

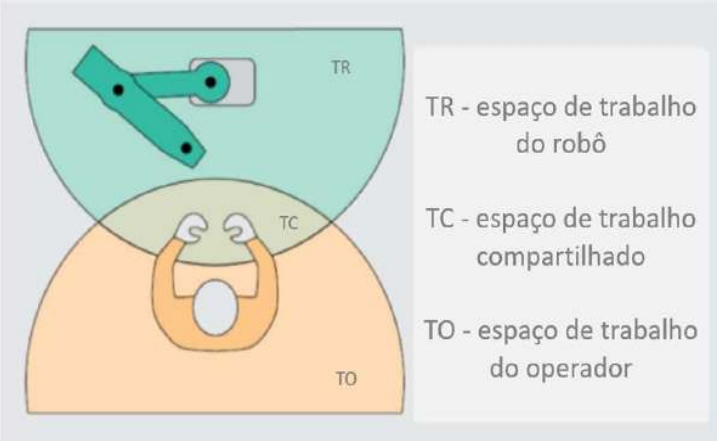
Atualmente os robôs colaborativos, são seguros, flexíveis e econômicos tornando a automação mais fácil, podendo ser implementado mesmo em empresas pequenas ou de médio

porte. Os *cobots* são aplicados em processos repetitivos e manuais que decorrem em colaboração de trabalhadores humanos mas que não requerem habilidades humanas, pensamento critico ou decisões tomadas no local. (UNIVERSAL ROBOTS, 2021)

> O funcionamento sem grades de proteção dos robôs afeta particularmente a montagem manual, uma vez que abre aportunidades inteiramente novas para apoiar os trabalhadores humanos sem ter de fazer grandes mudanças nos layouts de sistemas de trabalho que seriam necessários para uma célula de robô com barreiras de segurança... é possível implementar aplicações simples de forma rápida e econômica, sem a necessidade de grandes investimentos em sistemas de provisionamento, instalações de segurança adicionais ou garras robóticas de alto custo. (BAUER, et al., 2016, p 13)

O conceito de *human-robot-collaboration* (HRC, colaboração entre humano e robô, em português) foi criado para apontar qualquer situação onde robôs e humanos trabalhem lado a lado sem a presença de barreiras de segurança no processo de manufatura. As atividades realizadas por trabalhadores humanos e robôs são combinados em um único ambiente de trabalho, eliminando a divisão estrita entre o trabalho manual dos trabalhadores e o automático dos robôs. A área de trabalho do robô e trabalhador se sobrepõem, criando um espaço de trabalho comum, representado pela figura 2. (BAUER, et al., 2016)

Figura 2. Espaço de trabalho em ambiente colaborativo



Fonte: Adaptado de (BAUER, et al., 2016).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

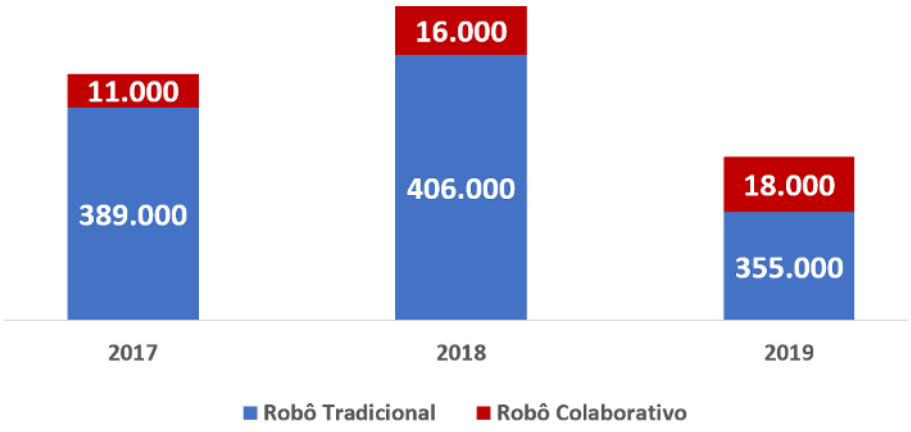
O presente artigo utilizou-se da abordagem de estrutura qualitativa bibliográfica, a partir de coletas de dados obtidos em livros, artigos científicos publicados por meios eletrônicos. (GIL, 2002)

Em sua estrutura foi apresentada a contextualização histórica e principais características da indústria 4.0, além da origem, conceito e função dos robôs colaborativos, usado como apoio: monografias, revistas e artigos científicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indústria 4.0 traz consigo uma maior flexibilidade nos processos produtivos, possibilitando assim um crescimento na colaboração homem-robô. Com isto as instalações de robôs colaborativos tiveram um crescimento de 11%. Com um aumento no número de fornecedores de *cobots*, e uma maior gama de aplicações, mesmo com todo este crescimento robôs colaborativos são 4.8% do total de 373.000 robôs industriais instalados em 2019 representado pela Figura 3. Embora este mercado esteja crescendo rapidamente, ainda está na sua infância. (INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS, 2021)

Figura 3. Número de instalações de robôs colaborativos e robôs tradicionais



Fonte: Adaptado de (INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS, 2021).

Para avaliar a importância dos robôs colaborativos e os seus desafios, são analisados os aspectos relacionados às vantagens e desvantagens resultantes da sua aplicação e, por fim, são

apresentados os principais desafios desse campo. A Tabela 1 sintetiza os tópicos que são analisados.

Tabela 1. Aspectos analisados para a implementação de atividades colaborativas

Vantagens	Colaboração humano-robô
	Viabilidade econômica
	Segurança
	Fácil programação
	Alta aplicabilidade
Desvantagens	Baixa capacidade de carga
	Baixa velocidade
	Falta de robustez
Desafios	Divisão de tarefas
	Adaptabilidade

Fonte: Autor (2021).

4.1 Vantagens dos robôs colaborativos

Sendo objetivo da indústria 4.0, células robóticas flexíveis e adaptáveis, buscando maior produtividade e customização de produtos, a colaboração humano-robô é de fundamental importância. Robôs colaborativos são desenhados especificamente para trabalhar colaborativamente com pessoas, deste modo em vez de estarem isolados ou protegidos por barreiras de segurança, trabalham em ambientes cooperativos interagindo diretamente com o operador humano, sendo o oposto da indústria clássica que realizam o seu trabalho a seguirem uma programação rígida, o que inclui não ter conta as pessoas que trabalham com este tipo de robô. (LOUREIRO, 2018)

Outra grande vantagem da robótica colaborativa é seu baixo custo se comparado com o preço de um robô convencional, não somente na aquisição do equipamento, mas também na sua instalação, manutenção e programação. (VIDO, 2018)

Robôs colaborativos estão desenhados para trabalhar na mesma área que o operador. Equipado com sensores sofisticados, os *cobots* interrompem sua movimentação com um

mínimo impacto, evitando assim qualquer perigo para as pessoas. Fazendo nas áreas fechadas e espaços de segurança não sejam necessários. (SOUSA, 2018)

Outra importante característica é sua fácil programação, contribuindo para a flexibilização da indústria 4.0. Por exemplo, um operador pode realizar um movimento com o braço do *cobot*, o robô grava este movimento podendo reproduzi-lo de forma automática, reduzindo consideravelmente qualquer processo de programação. (UNIVERSAL ROBOTS, 2018)

Os robôs colaborativos além de interagir diretamente com humanos, economicamente viáveis, seguros e ter fácil programação, também são relativamente fáceis de mover e utilizá-lo em outros pontos da linha de produção. Grande maioria dos *cobots* podem ser instalados em qualquer orientação, desde o piso até parede e teto. (VIDO, 2018).

4.2 Desvantagens dos robôs colaborativos

Para a robótica colaborativa obter todas estas vantagens, foi necessário abrir mão de algumas características dos robôs tradicionais, entre elas está a diminuição na capacidade de carga, com isto evitando assim esmagamentos e perfurações. Reduzindo as suas aplicações a atividades que exigem menor capacidade de carga, sendo utilizado somente em trabalhos leves. Demostrando uma grande desvantagem em relação a robôs tradicionais, que podem levantar toneladas. (ROSENSTRAUCH e KRUGER, 2017)

A diminuição na velocidade dos movimentos é outra desvantagem em relação a robôs tradicionais que podem executar atividades em grande velocidade, esta diminuição é necessária para o robô colaborativo conseguir parar a tempo antes de haver algum choque com o operador, e mesmo se este contado for inevitável não causarão lesões, assim tornando a atividade colaborativa segura para os humanos. (ROSENSTRAUCH e KRUGER, 2017)

Robôs colaborativos não são eficientes em todo tipo de operação, por conta das diminuições na velocidade e força, dependendo da atividade existe uma variação na eficiência da produtividade. Pelo fato de *cobots* serem de facilmente inseridos em linhas produtivas ou células de montagens, uma divisão inadequada das atividades pode reduzir a eficiência.

Um exemplo de atividade ineficiente é apresentado por (COSTA e CORREIA, 2018) a atividades envolve fechar uma caixa de papelão, este experimento mostrou uma redução no número de peças produzidas por hora em atividades colaborativas em relação a produção

manual, pois a velocidade do robô é menor do que a desempenhada pelo humano. A produção por unidade de tempo foi reduzida em torno de 31%, demostrando assim uma falta de robustez para algumas atividades.

4.3 Desafios da robótica colaborativa

A robótica colaborativa é fundamental para a indústria 4.0, mas para esta tecnologia alcançar a maturidade deve superar alguns desafios. Um fator que influencia o trabalho efetivo de pessoas ao lado de robôs é a divisão de tarefas. A organização dessas atividades colaborativas, devem ser elaboradas de forma que a situação de trabalho dos funcionários humanos seja melhorada, não causando nem um prejuízo. Com tudo, não existe ferramenta que atue no desenvolvimento dessa organização efetivamente, assim sendo são necessários mais estudos sobre a divisão de tarefas colaborativas. (BAUER, et al., 2016)

Conforme exposto por (COSTA e CORREIA, 2018), o tipo de atividade exercida pelo robô modifica significativamente a eficiência da produção. Dependendo da atividade, a colaboração causa ganhos significativos na otimização do tempo de operação, mas se uma aplicação for feita com um planejamento inadequado, pode acarretar uma significativa redução da eficiência da operação. Logo, se torna necessário a realização de estudos dedicados na maior adaptabilidade dos *cobots* para algumas atividades mais específicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme exposto neste trabalho, a robótica colaborativa se apresenta como uma peça importante para a flexibilização da indústria 4.0, possibilitando que operadores com poucos conhecimentos técnicos consigam programar toda a atividade. Apesar disso, sua aquisição demonstra vantagens econômicas, uma vez que grandes mudanças no ambiente não são necessárias, além disso podem trazer melhorias na ergonomia dos operadores durante os processos industriais.

No entanto é de extrema necessidade uma análise de risco da atividade a ser realizada, para garantir que a operação colaborativa é realmente segura. Atividades como manuseio de objetos pontudos ou cortantes não são seguras, mesmo com os robôs colaborativos mais lentos e fracos, porque podem existir algum risco de ferimento neste tipo de atividade.

Em consequência desse campo de pesquisa ser relativamente novo, existem desafios que precisam ser estudados. A melhor divisão de atividades colaborativas e adaptabilidade dos *cobots* a o operador e ao ambiente, para garantir a eficiência da operação colaborativa, são fatores que necessitam de mais estudos para este modelo evoluir e aumentar o seu nível de maturidade industrial.

Sendo assim é possível concluir que, a robótica colaborativa garante a flexibilidade e segurança de operações colaborativas na indústria 4.0, visto que possibilita o trabalho de robôs lado a lado com operadores humanos. Entretanto, deve ser bem estudada a sua implementação, tendo em consideração a necessidade de estudos sobre suas desvantagens e desafios a serem superados.

REFERÊNCIAS

BAUER, W.; BENDER, M.; RALLY, P.; SCHOULTZ, O. **Lightweight robots in manual assembly – best to start simply!** Fraunhofer IAO, pp. 1–61, 2016. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/327744724_Lightweight_robots_in_manual_assembly_-_best_to_start_simply_Examining_companies'_initial_experiences_with_lightweight_robots> Acesso em: 28 de jun. 2021.

COSTA, V.; CORREIA, A. **Um estudo sobre o impacto da robótica colaborativa na produtividade em tarefas manuais.** Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: < https://ieeexplore.ieee.org/document/7942795> Acesso em: 31 mai. 2021.

EM. EMBALAGEM MARCA. **Conheça os nove pilares para implantação da Indústria 4.0.** 2017. Disponível em: <https:// www.embalagemmarca.com.br/2017/05/conheca-os-nove-pilares-para-implantacao-da-industria-4-0/> Acesso em: 23 out.2020.

GAMERO, I. **Robôs industriais: tudo o que você precisa saber!** Pollux. 2018. Disponível em:< https://www.pollux.com.br/blog/robos-industriais-tudo-o-que-voce-precisa-saber/> Acesso em: 15 de set. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.**4. ed. São Paulo. Editora Atlas, 2002.Indústria instala 1,5 mil robôs por ano. Época negócios. 2017. Disponível em:< https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/08/epoca-negocios-industria-instala-15-mil-robos-por-ano.html> Acesso em: 20 de ago. 2021.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Innovative application of bin-picking of Fraunhofer IPA and Liebherr-Verzahntechnik GmbH.** 2021. Disponível em:< https://ifr.org/case-studies/collaborative-robots/stihl-opens-up-new-> Acesso em: 10 de ago. 2021.

LOUREIRO, C. J. **Cobots na Indústria 4.0.** UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, COVILHÃ, p. 1-73, OUTUBRO 2018. Disponível em: < https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/9687/1/6514_13891.pdf> Acesso em: 23 mar.2021.

MASULO, A. D.; CARDOSO, V. M. S. **Protótipo robô para linhas de processo.** São Paulo. 2012. Disponível em: http://biblioteca.univap.br/dados/000005/00000534.pdf> Acesso em: 15 de jun. 2021

NORTHWESTERN. **Cobots: robots for collaborative with people.** 2021. Disponível em: < https://peshkin.mech.northwestern.edu/cobot/> Acesso em: 20 jul.2021.

OLIVEIRA, Elisângela Magela. **Transformações no mundo do trabalho, da revolução industrial aos nossos dias.** 2004. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15327> Acesso em: 26 de ago. 2020.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. D. O. **INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Vale do Rio Verde, v. 16, 2018. Disponível em: < http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938> Acesso em: 10 de mai. 2020.

POLLUX. **A Era da Internet Industrial e a Indústria 4.0.** Pollux. 2017. Disponível em: < https://www.pollux.com.br/blog/a-era-da-internet-industrial-e-a-industria-4-0/> Acesso em: 22 de mar. 2020.

RADZUWON, A.; BILBERG, A.; BOGERS, M.; MADSEN, E. **The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions.** Procedia Engineering, 2014. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814003543> Acesso em: 09 de jun. 2021.

RICHERT, A.; MOHAMMAD, S.; PLUMANNS, L.; GROß, K.; SCHUTER, K.; JESCHKE, S. **Educating engineers for industry 4.0.** IEEE Xplore, 2016. Disponível em: < https://ieeexplore.ieee.org/document/7474545/authors#authors> Acesso em: 25 de jun. 2021.

ROSENSTRAUCH, M. J.; KRUGER, J. **Safe human-robot collaboration-introduction and experiment using ISO/TS 15066.** 2017 3rd Int. Conf. Control. Autom. Robot. ICCAR 2017, pp. 740–744, 2017. Disponível em: < https://ieeexplore.ieee.org/document/7942795> Acesso em: 11 ago. 2021.

RÜßMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; ENGEL, P.; HARNISCH, S. **INDUSTRY 4.0: THE FUTURE OF PRODUCTIVITY AND GROWTH IN MANUFACTURING INDUSTRIES.** Abril, 2015. Disponível em: < https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx> Acesso em: 14 de jun. 2020.

SOUSA V. M. R. **Projeto e montagem de célula flexível de montagem com colaboração homem/robô.** UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE BRAGANÇA, BRAGRANÇA, p. 1-148, 2018. Disponível em: < https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/18263> Acesso em: 12 mai. 2021.

UNIVERSAL ROBOTS. **Universal Robots e-Series Manual do Usuário.** 2018. Disponível em: < https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/ur-support-site/41001/UR5e_User_Manual_pt_Global.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

UNIVERSAL ROBOTS. **DESCUBRA OS COBOTS.** 2021. Disponível em: < https://www.universal-robots.com/media/1808379/universal-robots-descubra-os-cobots-10-passos-simples.pdf/> Acesso em: 16 ago.2021.

VIDO, Marcos. **Fatores impeditivos na normatização brasileira para o uso do robô colaborativo no setor industrial.** Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018. 1-83.

Disponível em: < https://repositorio.fei.edu.br/bitstream/FEI/127/1/fulltext.pdf> Acesso em: 10 de jun. 2020.