

ROBÔS COLABORATIVOS E COEXISTENTES

TEMA 1 – PROGRAMAÇÃO DOS ROBÔS

Como visto anteriormente, todo o sistema de controle e os *softwares* necessários para manter o robô em operação são obras primas da engenharia altamente complexas. Porém o robô por si próprio não tem nenhum propósito. É necessário sequenciar essa grande quantidade de variáveis, cálculos, *software* e *hardware* para trabalharem juntos, criando movimentos para que o robô realize tarefas e seja produtivo, ou seja, *tenha função*. Essa atividade recebe o nome de *programação*, função que é realizada pelo programador, também conhecido como *integrador*, por integrar os robôs e equipamentos ao processo produtivo.

A programação do robô roda em uma camada ou nível acima do *software*, pois o programador não precisa programar atuador por atuador para levar o efetuador para posição desejada. Os *softwares* de programação propiciam ao programador um ambiente de trabalho bem mais amigável, realizando todos os cálculos e compensações da trajetória feitos pelo controlador durante os movimentos em uma camada ou nível mais baixo de programação.

Vimos também que existem vários fabricantes de robôs no mercado e cada fabricante possui seu *software* proprietário e forma de programar diferentes, mas podemos dividir a programação dos robôs em 3 forma de programação: programação no *Teach Pendant*, programação *Teaching/Lead through* e programação *off-line*.

1.1 Programação no *Teach Pendant*

Os robôs, em sua grande maioria, são estruturas seladas, construídos dessa forma para protegerem seus componentes dos ambientes em que serão colocados. Possuem apenas um painel elétrico onde se encontra o controlador com apenas uma chave para ligar e desligar para todo o equipamento. Então como é possível interagir com o robô?

Para possibilitar essa interação homem-máquina, a grande maioria dos robôs possuem os *Teach Pendant*, comumente chamados de TP, expressão para a qual não existe uma tradução direta, mas significa *pendente de ensino*, que é um painel móvel com teclas ou chaves de controle, um *display* ou tela *touch screen* e ao menos um botão físico de emergência.

Para iniciar a programação, o programador coloca o robô no modo de aprendizagem, que possibilita por meio do TP movimentar eixo a eixo guiando os

movimentos do robô no caminho desejado, gravando cada ponto no controlador do robô. Todo o *status* desse processo pode ser acompanhado pelo *display*.

O programador acompanha o *status* do robô pelo *display* e, uma vez ajustado no modo de aprendizagem, o programador pode guiar os movimentos do robô no caminho desejado, e as informações dos movimentos e outros dados são gravados pelo controlador do robô.

Figura 1 – Uso do *Teach Pendant* para programar robôs



Créditos: i_viewfinder/Shutterstock.

A programação por TPs é a forma mais tradicional e antiga para se programar um robô. Assim como os *softwares*, cada fabricante possui um nome específico para seu TP, por exemplo, a Kuka, *Kuka painel control* (KPC) e a Motoman, *programming pendant* (PP).

1.2 Programação *Teaching* ou *Lead through*

A programação *Teaching* ou *Lead through* é a evolução da programação por TP.

Do inglês *ensinar* ou *liderar*, trata-se de uma programação guiada, em que o programador, por meio de um botão de ensino, libera os atuadores de forma a possibilitar que ele mova o efetuador e demais juntas com as próprias mãos, andando junto com o robô, facilitando e reduzindo em muito o tempo de programação de um robô. Vale reforçar que essa tecnologia não dispensa o uso

do TP, pois o programador necessita fazer os ajustes finos, escolher o tipo de movimento e todos os demais parâmetros de transição de um movimento para outro, servindo como marcação das posições e trajetória que são gravadas pelo controlador do robô durante a execução manual do movimento.

Esse tipo de programação só é possível em robôs mais novos e com um *hardware* compatível com essa tecnologia, pois requer que todas as juntas possam monitorar a força aplicada pelo programador. Outra variável importante aqui é o porte e tamanho do robô que podem inviabilizar movimentos manuais.

Figura 2 – Programador encimando trajetória ao robô



Créditos: Zapp2Photo/Shutterstock.

1.3 Programação *Off-Line*

Nessa forma de programação, o TP e o robô são deixados de lado, e a programação passa a ocorrer no computador. Atualmente os fabricantes de robôs e de *softwares* de simulação digital baseados em CAD/CAM (Desenho Auxiliado por Computador/Computador Auxiliando Manufatura) fornecem programas que possibilitam simular células robotizadas completas, com simulação gráfica do robô e do ambiente de trabalho, validando trajetórias, tempo de ciclo, alcance e possíveis riscos de colisões.

Uma vez validados os movimentos e interações do robô, o próprio *software* converte os pontos e configurações de trajetória em coordenadas e linhas de programação. Esses arquivos então são carregados diretamente no controlador do robô. Esses dados já possuem todas as informações para movimentar o robô, porém, antes de colocar o robô para rodar, é necessária uma etapa de calibração física do robô. Esse processo de calibração é uma equalização do *mundo digital*,

programado no simulador, com o *mundo real*, pequenos ajustes de adequação de posição. Um exemplo desse tipo de *software* é o Robotmaster, mas vale lembrar que existem programas para cada modelo e marca de robô.

Figura 3 – Programador simulando aplicação robótica



Créditos: Gorodenkoff/Shutterstock.

TEMA 2 – APLICAÇÕES DA ROBÓTICA INDUSTRIAL

Inicialmente os robôs industriais foram criados para executar tarefas comuns que apresentassem risco aos trabalhadores humanos, logo substituíam operações mais pesadas ou em ambientes de alto risco, como fornos de forjaria. Mesmo sendo máquinas programáveis, eram construídos basicamente para uma aplicação.

Em função da grande demanda, hoje os fabricantes de robôs criam poucos modelos de robôs, mas multifuncionais, em sua grande maioria robôs de 5 ou 6 eixos, de forma que eles possam fabricar um número pequeno de modelos, porém de forma seriada e em grande escala. Essa produção em alto volume possibilita redução nos custos de projetos, menos tipos de peças de reposição e consequentemente uma redução no valor final do produto, tornando-se cada vez mais competitivos. Para garantir que essa pequena gama de modelos possa atender às mais variadas aplicações e demandas, os fabricantes trabalham com as famílias de robôs, que têm como base um mesmo projeto, porém com variações de alcance e capacidade de carga. Um exemplo claro é KUKA, fabricante da família KR que inicia no KR-6, com alcance de 72 cm e carga de 6 Kg até o KR-1000 1300 PA, com alcance de 6,5 m e carga de 1300 Kg.

Do lado das indústrias, essa flexibilidade proporcionada pelos robôs multifuncionais é vital para a manutenção e crescimento dos seus negócios, pois o ciclo de vida dos produtos está cada vez mais curto, fazendo com que linhas antes projetadas para rodar 5 anos com um determinado produto, venham a rodar um novo tipo de produto a cada ano, às vezes até meses, acarretando na constante necessidade de atualização dos processos e parque fabril. Como o investimento nesse tipo de tecnologia não é baixo, ferramentas de trabalho multifuncionais que se adaptam às diferentes demandas são técnica e financeiramente justificáveis a longo prazo, podendo ser reprogramados para exercer diversas funções dentro da indústria.

Vamos dividir as diferentes aplicações por segmento das indústrias.

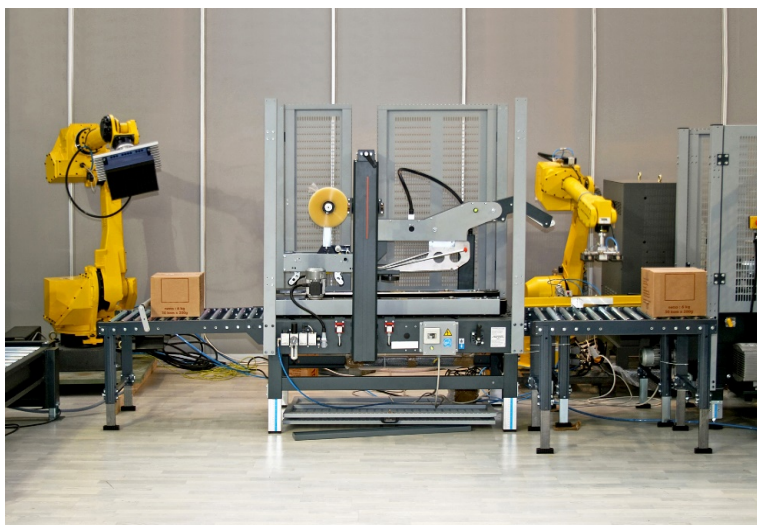
2.1 Segmento *bens de consumo*

São considerados bens de consumo duráveis aqueles que são produzidos para serem usados inúmeras vezes durante longos períodos. Nesse segmento, encontram-se as mais variadas aplicações e produtos, demandando a maior flexibilidade dos robôs e seus modelos.

A seguir, temos algumas aplicações típicas dos robôs nas indústrias de bens de consumo:

- Retirada de amostras em fundição;
- Pintura;
- Carga e descarga de máquinas;
- Montagem;
- Soldagem;
- Lixamento e polimento;
- Inspeção visual de produtos;
- Realização de testes e retirada de amostras;
- Limpeza dos produtos;
- Armação de displays e caixas de embarque;
- Colocação de produtos nas embalagens;
- Encaixotamento dos *displays*;
- Aplicação de etiquetas;
- Paletização;
- Movimentação de cargas.

Figura 4 – Robôs encaixotando e paletizando final de linha



Créditos: Baloncici/Shutterstock.

2.2 Segmento de alimentos e farmacêutica

Também considerados como bens de consumo não duráveis são aqueles produzidos para serem consumidos imediatamente e com o agravante de serem suscetíveis a contaminação, sendo necessário um rígido controle de qualidade de certificações para que os robôs possam exercer suas atividades sem colocar em risco a higiene desses produtos. Outra grande restrição nesses segmentos é a necessidade constante de lavagem das linhas, o que restringe apenas a utilização robôs a prova d'água, ou seja, IP67.

Em função das rigorosas legislações sanitárias, é possível dividir as aplicações dos robôs nessas duas indústrias em: *produção primária* (produto exposto com risco de contaminação) e *produção secundária* (produto selado sem risco de contaminação).

A seguir, estão algumas aplicações típicas dos robôs na produção primária:

- Carga de matérias primas nos reatores;
- Carregamento de embalagem nas embaladoras;
- Colocação de produtos nas embalagens.

A seguir, estão algumas aplicações típicas dos robôs na produção secundária:

- Carregamento de embalagem nas embaladoras;
- Armação de *displays* e embalagens de embarque;
- Colocação de produtos nas embalagens;

- Encaixotamento dos *displays*;
- Aplicação de etiquetas;
- Paletização.

Figura 5 – Robô de alta velocidade carregando biscoitos em embalagens



Créditos: Asharkyu/Shutterstock.

2.3 Segmento automotivo

São considerados bens de consumo duráveis, porém com características bem diferentes das que já vimos. O setor automotivo foi pioneiro na utilização de robôs, com uma vivência de mais de 40 anos implementando soluções e aplicações. Esses 40 anos adicionais se refletem mais em especialização do que em diversificação, sendo o seu foco maior na prensa, montagem e solda das carrocerias. Listadas a seguir estão algumas aplicações típicas dos robôs na indústria automotiva:

- Transferência de chapas nas grandes prensas (*pick and place*);
- Montagem das partes das carrocerias;
- Processo de solda ponto das carrocerias;
- Processo de cordão de solda nas peças estruturais;
- Pintura das carrocerias;
- Montagem dos painéis e assentos dentro dos automóveis;
- Aplicação de cola e montagem dos vidros;
- Parafusamentos diversos (motor, suspensão, carroceria etc.);

- Inspeções de qualidade com auxílio de sistema de visão.

Figura 6 – Linha automotiva solda da carroceria 100% robotizada



Créditos: Jenson/Shutterstock.

TEMA 3 – ESTUDO DE CASO DA ROBÓTICA INDUSTRIAL

Para finalizar esta aula, trazendo o aspecto prático, que é o objetivo de um curso de especialização, vamos ver um estudo de caso bastante prático, que mostra uma aplicação real demanda por um fabricante de alimentos para automação de um de seus processos com robótica industrial. O objetivo aqui é fazer com que você fique o mais próximo da robótica industrial, explicando a sequência e principais etapas de um processo de robotização.

O conteúdo a seguir mostra a sequência da forma de trabalho e linha de raciocínio de um projeto, contemplando os passos para sua execução. Observe que, independentemente do segmento e aplicação, as etapas de implementação e um robô industrial serão as mesmas.

Contextualização: o aumento constante da demanda por casquinhas de sorvete ultrapassou a capacidade de produção dos 3 turnos de operação da fábrica. Criou-se um plano de modernização e novas tecnologia para automatizar os processos fabris. Foi levantado que a máquina de casquinhas tinha sua capacidade limitada à produtividade do operador, que reduzia a produtividade da linha. Pensando em rodar em sua capacidade total, foi decidido automatizar o processo de selagem das casquinhas.

Demanda: a operação consistia em retirar um grupo de casquinhas da máquina de casquinhas e carregá-las na esteira da embaladora. O desafio era

atender à grande velocidade da máquina e trabalhar com um produto muito frágil, que era descartado se fosse quebrado ou trincando por manuseio incorreto.

Figura 7 – Processo de carregamento manual



Créditos: ASA Studio/Shutterstock.

Coleta de informações: após a definição da demanda, foram coletadas todas as informações referentes ao processo, máquinas e produto, além de vídeos e fotos da linha em operação, para facilitar ao time de engenharia da integradora no desenvolvimento da solução que melhor se adequasse a essa demanda.

Engenharia de projeto: nessa etapa, o time de engenharia definiu o conceito de operação, quais dispositivos auxiliares seriam necessários e o modelo de robô. Foram levados em consideração a distância entre as máquinas, o peso da garra + produto, o ambiente de trabalho e a velocidade do processo.

Nessa etapa, também foi realizada a análise de risco, pois, em função da utilização de um robô tradicional, fez-se necessário o isolamento completo para evitar risco de acidentes, o que é necessário para aprovação e adequação à NR12 (normativa de segurança brasileira).

Simulação digital: uma vez concebida toda engenharia, foi gerado o gêmeo digital do projeto, que é uma virtualização do ambiente, robô e produto para

simular características como alcance, *layout*, posição das proteções e ciclo da solução.

Figura 8 – Simulação da aplicação robótica



Créditos: Asharkyu/Shutterstock.

Validação escopo técnico: o projeto e a simulação da linha foram apresentados ao time da fabricante que, juntamente com o time da integradora, ajustaram e definiram o escopo técnico final, batendo o martelo e fechando o projeto.

Tryout ou FAT: após todas as peças mecânicas usinadas e montadas, painéis elétricos montados, CLPs programados, robô pré-programado e sensores posicionados, é o momento de ligar a solução pela primeira vez. Nesse momento, inicia-se a integração de toda célula, finalizando a programação do *software* específico para essa célula, rodando e testando até ajustar os últimos detalhes já com os produtos reais em operação.

Figura 9 – Processo de *tryout* realizado antes de envio ao cliente



Créditos: Sergey Mikheev/Shutterstock.

Instalação: uma vez validado o FAT com as premissas acordadas com o cliente, a solução foi desmontada e instalada na planta do cliente. Nessa etapa foram feitas integrações com os equipamentos do cliente e reajustes na programação do robô para as posições finais das pegas. CLPs e segurança foram novamente reprogramados e testados ao extremo. Quando tudo estava funcionando, foi iniciada a produção com o acompanhamento da integradora, em que a velocidade da operação foi aumentando à medida que pequenos ajustes eram realizados na solução.

Aceite técnico: para ao aceite técnico o cliente preparou um *check-list* de todos os pontos a serem verificados que ia desde documentação, manual de operação, manual de manutenção, treinamento até validação do tempo de ciclo e intertravamento do sistema de segurança. Quando todos os pontos foram confirmados, o cliente assinou o documento de aceite técnico, liberando a solução para rodar em sua capacidade máxima.

Conclusão do case: a automação do processo produtivo com o uso do robô industrial aumentou em 18% a produtividade da linha de casquinhas e eliminou o risco ergonômico existente na operação manual. Como requisito básico na robótica, o robô foi cercado e seu acesso monitorado por um sistema de

segurança, programado para pará-lo quando a porta de acesso é aberta, atendendo a todas as normas de segurança da NR12 e recebendo a ART assinada para funcionamento.

O objetivo de inovação tecnológica e pioneirismo em automação também foram atendidos, e o cliente se tornou o primeiro no seu segmento a utilizar robôs nessa etapa produtiva.

O projeto também gerou ganhos indiretos, uma vez que o *marketing* gerado pela inovação colocou a marca em destaque no quesito *qualidade*, pois o processo automatizado reduz o contato manual dos operadores com o produto, elevando a higiene dos seus produtos, característica muito valorizada por seus clientes.

O cliente assumiu riscos e investiu em inovação tecnológica, sendo pioneira e se destacando no fornecimento de casquinhas para as grandes empresas do mercado, sendo seu primeiro passo rumo à indústria 4.0.

TEMA 4 – SINERGIA ROBÔ E INDÚSTRIA 4.0

Na história da robótica, aprendemos sobre a importância das três grandes revoluções industriais para nos trazer como sociedade até o ponto em que estamos hoje e, mais importante, estamos vivenciando a quarta revolução industrial. Neste tema, vamos nos aprofundar sobre como o advento da internet industrial vem mudando do mundo.

Antes de falar de indústria 4.0, precisamos falar de consumidor 4.0, pois tudo o que acontece na indústria é reflexo do comportamento do consumidor, mas que mudanças são essas? A internet mudou drasticamente o comércio e a forma com que compramos. Hoje estamos na Era do consumidor 4.0. Esse consumidor é muito bem-informado, conhece os produtos melhor que os próprios vendedores, gosta de experimentar todas as opções, logo não é fiel e, por último, mas o ponto que mais impacta nas indústrias: gosta de produtos exclusivos e altamente customizados.

Esse tipo de comportamento vem forçando uma mudança pesada na forma como são fabricados os produtos e como são gerenciadas as indústrias do futuro. Coloca-se, portanto, um novo desafio: como ser produtivo e ao mesmo tempo atender a um alto nível de customização?

4.1 Indústria 4.0

A internet vem revolucionando a cada dia a forma com que vivemos, nos relacionamos e compramos. Hoje tudo passa pela internet e dependemos dela para facilitar nossas vidas e torná-las mais produtivas. Esse mesmo conceito também vem ocorrendo na indústria, puxado pelo IoT, do inglês *internet of things*, que significa *internet das coisas*, tema muito presente nas discussões de inovação e melhorias dos processos fabris.

Segundo Schwab (2016), presidente do Fórum Econômico Mundial, e autor do livro *A Quarta Revolução Industrial*, a Quarta Revolução Industrial está ligada ao conceito de Indústria 4.0, modelo empresarial que já tinha como objetivo utilizar todas as tecnologias atualmente disponíveis para gerar conhecimento e produtividade.

O princípio do IoT é propiciar a todos os dispositivos a possibilidade de conexão à internet, dos dispositivos mais simples aos mais complexos, incluindo conceitos como *inteligência artificial* e *machine learning*, que aprendem e evoluem conforme sua utilização. Toda essa conectividade está criando espaços que integram diversos dispositivos à rede fazendo com que todos operem em sinergia. Um exemplo do IoT no nosso cotidiano são as casas inteligentes, em que os equipamentos organizam sua agenda, informam a previsão do tempo, controlam a temperatura ambiente e a reposição de comida na sua geladeira, sem se esquecer do robô que aspira a casa.

Figura 10 – Indústria 4.0, pedido, fabricação e entrega



Créditos: Mimi Potter/Adobe Stock.

Na indústria, esse conceito, aliado à massificação da utilização de robôs, sensores e *softwares* avançados de gestão de manufatura, está gerando um movimento chamado *Quarta Revolução Industrial*, em que o equivalente das casas inteligentes são as indústrias do futuro, que são chamadas de *indústria 4.0*,

dominadas pelo uso de robôs, integração de todos os equipamentos em tempo real, conexão à internet e gerenciados por *softwares* dotados de inteligência artificial.

4.2 Sinergia com robótica

Embora os primeiros robôs industriais tenham surgido no ano de 1961 e muitas outras tecnologias tenham aparecido depois deles, eles ainda estão no centro da chamada indústria 4.0, movimento tecnológico muito mais recente que a robótica, que está melhorando sua integração e redefinindo as atividades dessas máquinas com a inclusão de tecnologias como internet das coisas.

Com a migração das indústrias para a indústria 4.0, a robótica vem ficando cada vez mais presente nas linhas de montagem, afinal muitos processos necessitam de melhoria de *performance* e produtividade. Uma empresa eficiente aproveita ao máximo seu parque fabril, rodando suas produções de forma contínua.

As máquinas inteligentes estão garantindo o seu espaço nas indústrias, e os robôs não estão de fora dessa modernização. Nessa geração do *Big Data*, todas as informações são coletadas, armazenadas e processadas. Como o matemático londrino Clive Humby (citado por Mavuduru, 2020) diz: “Os dados são o novo petróleo da indústria”, e aqui mais uma vez os robôs saem na frente. Eles estão direto na operação, realizando cada um dos processos, movimentando peça a peça, programados para saber exatamente qual produto estão trabalhando e quantos produtos estão sendo processados por minuto. Os dados sempre estiveram ali, mas simplesmente não eram utilizados. Hoje os *softwares* de manufatura 4.0 conseguem acessar esses dados e, em tempo real, entendem como está a velocidade de produção e quantos produtos bons foram encaixotados.

Nesse mundo 4.0, em que tudo é otimizado e o tempo é contado segundo a segundo, os robôs também têm uma vantagem nativa: possuem sensores capazes de monitorar falhas, sobrecarga, superaquecimento e uma infinidade de autodiagnósticos e muitos dados. Todas essas características, que estão aliadas ao *software* de gestão de manufatura 4.0, viabilizam a realização de análises em tempo real e a criação de tendências, possibilitando uma manutenção muito mais precisa, capaz de detectar desgastes ou possíveis falhas antes mesmo de elas acontecerem. Esse tipo de manutenção é chamado de *manutenção preditiva*.

Esses dados também ajudam na atualização do plano de manutenção preventiva, paradas programadas pelo time de manutenção para substituição de peças desgastadas dos robôs, em que o controle do desgaste em tempo real de cada aplicação possibilita espaçar com segurança o tempo dessas paradas, mantendo o robô produzindo por mais tempo.

Figura 11 – Gestor verificando dados produtivos dos robôs em tempo real



Créditos: Pop Tika/Shutterstock.

Outra característica dos robôs é que eles podem ser monitorados e programados a distância, sendo altamente flexíveis para sequenciamento automático de produção e troca rápida de função, demanda crescente em função da produção em massa de produtos customizados.

Como vimos, os robôs são a força de trabalho que movimenta as indústrias, são precisos e rápidos, são flexíveis, geram uma infinidade de dados produtivos e agora estão mais conectados do que nunca; *são e continuarão a ser* a melhor ferramenta da indústria 4.0.

TEMA 5 – ROBÔS COLABORATIVOS: INTRODUÇÃO

A história da robótica na indústria já passou por diversas fases, sendo a última a massificação da utilização dos robôs nas fabricas, substituindo operações manuais por operações automatizadas, processo que vem ocorrendo desde a Terceira Revolução Industrial. Empresas muito automatizadas já estavam vivenciando uma limitação de aplicações disponíveis para robotização, restando apenas as operações muito complexas ou que necessitavam de uma readequação completa no *layout* em função do espaço necessário para colocar robôs cada vez mais próximos uns aos outros e principalmente próximos às

operações manuais, muitas vezes até na realização das operações substituindo o humano no posto de trabalho.

Esse tipo de automação vem exigindo características diferentes, robôs menores, mais esguios e manobráveis para operarem em bancadas e operações que antigamente eram realizadas pelo homem, com uma condição mais delicada ainda: a necessidade de trabalhar simultaneamente ao lado dos seres humanos de forma segura.

Figura 12 – Sinergia homem e robô



Créditos: Lukassek/Shutterstock.

Essas mudanças não ficam restritas apenas às características físicas do ambiente de trabalho, mas também às características dos novos consumidores da Era digital, os quais, sedentos por inovações e desejando experimentar novos produtos customizados, tornam o ciclo de vida dos produtos cada vez mais curtos, demandando maior flexibilidade dessa nova geração de robôs.

Essa demanda exige que os robôs precisem exercer novas funções em curtos períodos, logo características como facilidade na programação e reprogramação são colocadas como diferenciais de flexibilidade e redução do tempo parado.

Nota-se que essa demanda por novos tipos de robôs possui alguns pilares muito importantes: *layouts* compactos, segurança para trabalhar ao lado com humanos, facilidade de utilização/programação e custo acessíveis para todos os tipos de empresas.

5.1 O que é um *cobot*?

Como visto, os robôs tradicionais realizam suas atividades sempre repetitivas e de forma muito rápida, sempre presos em jaulas, sem precisar

interagir com seu entorno e com os humanos. Mas esses robôs já estão ficando obsoletos, e um novo tipo de robô já está saindo de fábrica, equipado com sensores e funcionalidades que lhes possibilitam entender e interagir com o entorno em que são inseridos.

Esses novos robôs são o estado da arte em tecnologia e já estão em operação nas fábricas 4.0, sendo chamados de *robôs colaborativos* ou *cobots*. Robôs que possuem, em suas funções nativas, protocolos e funções de segurança que possibilitam trabalhar lado a lado com os seres humanos, saindo das jaulas e sendo colocados para realizar as atividades com segurança em conjunto com os seres humanos, tornando o processo nas manufaturas mais produtivo e eficiente.

Esse trabalho em parceria com os humanos, eliminando o cansaço e os riscos para a saúde dos trabalhadores em função dos movimentos repetitivos, libera o funcionário para gerenciar o trabalho ou outra atividade com maior valor agregado.

5.2 Custo

Apesar dos inúmeros benefícios e ganhos inquestionáveis gerados pela adoção da robótica nas indústrias, muitos empresários não consideram esse tipo de investimento devido ao alto custo dos robôs industriais, uma vez que o alto custo no investimento desse tipo de maquinário não compensava a relação de custo-benefício se comparado aos salários dos operadores, principalmente em países de terceiro mundo.

Com a chegada dos robôs colaborativos, começamos a ver uma quebra nesse paradigma financeiro, em que os avanços tecnológicos possibilitaram a oferta de equipamentos menores e modulares, diminuindo o custo de fabricação e principalmente o custo de manutenção desses novos robôs, possibilitando que esse tipo de robô seja instalado em pequenas e médias empresas, não só nas grandes multinacionais.

Outro fator muito importante para a viabilidade financeira das aplicações colaborativas é a equipe necessária para suportar, programar e reprogramar os robôs. Essa característica de facilidade de programação é fundamental para manter o custo de operação viável.

5.3 Facilidade de programação

A tecnologia vem ajudando a facilitar a vida das pessoas desde as tarefas mais simples até as mais complexas do dia a dia, e com a robótica colaborativa não é diferente. O maior diferencial dos robôs colaborativos é a sua facilidade de operação e programação, tendo como objetivo possibilitar que profissionais com diferentes graus de especialização possam programar um robô, sem necessariamente um engenheiro especializado.

Assim, esqueça a imagem de robôs de alta complexidade TPs com milhares de botões, pois a interface dos robôs colaborativos se parece com um *tablet*, sendo totalmente intuitivo. Uma integração totalmente *plug and play*, descomplicando a programação dos movimentos dos robôs. Alguns fabricantes nem possuem o TP, e as programações são realizadas por um botão no punho do robô que possibilita que o usuário ensine os movimentos levando o robô às posições desejadas e, com o auxílio de um segundo botão, salve essas posições, colocando e tirando o robô em operação apenas com um minúsculo controle com botões de PLAY e STOP.

5.4 Segurança

Como vimos, os sistemas robóticos industriais sempre estiveram enjaulados, separados das pessoas para evitar risco e lesões, porém imagine os ganhos e aumento de produtividade se pudéssemos unir a força e a precisão dos robôs com a inteligência na resolução de problemas dos humanos.

Figura 13 – Homem e *cobot* dividindo posto de trabalho



Créditos: Zapp2Photo/Shutterstock.

Hoje, os avanços na tecnologia dos sensores e *softwares* embarcados estão totalmente dedicados a garantir a segurança no entorno dos robôs, monitorando, movimento a movimento, qualquer variação de força não programada ou colisão e fazendo com que o robô colaborativo pare seu movimento imediatamente sem colocar em risco as pessoas que trabalham ao seu redor. Isso possibilita que robôs e homens trabalhem lado a lado de forma segura, levando a produtividade da indústria a um novo patamar.

REFERÊNCIAS

BLOEM, J. et al. **The Fourth Industrial Revolution**. Ratingen: Sogeti, 2014.

COMO a Universal Robots vendeu o primeiro *cobot*. **Universal-Robots**, S.d. Disponível em: <<https://www.universal-robots.com/br/sobre-a-universal-robots/central-de-not%C3%ADcias/hist%C3%B3ria-dos-cobots/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CRAIG, J. J. **Robótica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2013.

ENGETELES. Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial. **Engeteles**, 2020. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MATARÍC, M. J. **Introdução à robótica**. São Paulo: Unesp/Blucher, 2017.

MAVUDURU, A. Is Data Really the New Oil in the 21st Century? **Towards Data Science**, 11 dez. 2020. Disponível em: <<https://towardsdatascience.com/is-data-really-the-new-oil-in-the-21st-century-17d014811b88>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ØSTERGAARD, E. H. The Role of Cobots in Industry 4.0. **Universal Robots**, 2018.

ROBÔS colaborativos: a nova Era da produção industrial. **Produza**, 2021. Disponível em: <<https://produza.ind.br/tecnologia/robos-colaborativos/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Trad. Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.