

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

RODRIGO PERAZZOLI BALDASSO

ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE ROBÓTICA NA INDÚSTRIA

**CAXIAS DO SUL
2023**

Rodrigo Perazzoli Baldasso

ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE ROBÓTICA NA INDÚSTRIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte do requisito à
obtenção do título de Engenheiro de
Controle e Automação da Universidade de
Caxias do Sul.

Orientador:
Prof. Dr. Alexandre Mesquita

CAXIAS DO SUL

2023

Rodrigo Perazzoli Baldasso

ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE ROBÓTICA NA INDÚSTRIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte de requisito à
obtenção do título de Engenheiro de
Controle e Automação da Universidade de
Caxias do Sul.

Orientador:
Prof. Dr. Alexandre Mesquita

Aprovado em:

____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Mesquita (orientador)
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Me. Cícero Zanoni
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dra. Carine Webber
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio concedido ao longo de toda a minha trajetória pessoal acadêmica, me incentivando incondicionalmente para o alcance de meus objetivos.

Aos meus amigos pelo apoio e paciência nesse período da graduação.

Ao professor Mesquita por toda orientação e empenho e aos demais professores, cujos conhecimentos compartilhados foram indispensáveis para meu crescimento intelectual e pessoal.

“A natureza do trabalho mudará radicalmente, mas só em economias que investirem em educação, tecnologia e infraestrutura.”

JP Rangaswami

RESUMO

A robótica tem recebido papel de destaque cada vez maior na indústria, impulsionando a necessidade de qualificação dos colaboradores para lidar com tal tecnologia. No entanto, muitas empresas enfrentam empecilhos na capacitação de seus funcionários, devido à escassez de programas de treinamento customizados para suas necessidades ou ainda a adoção de práticas pedagógicas por vezes inadequadas e ineficazes. Diante desta demanda, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um programa de treinamento em robótica industrial, focado no uso de robôs Yaskawa em células de paletização de produto acabado em uma indústria de embalagens plásticas. Teve como objetivo a capacitação dos funcionários desde aqueles com conhecimentos básicos até aqueles com conhecimentos prévios em robótica, proporcionando competências técnicas, teóricas e práticas para lidar com os desafios da robótica industrial. Por meio da estruturação deste programa e sua avaliação foram identificados resultados importantes, melhorando o desempenho da organização em aspectos de produtividade dos processos. Ao mesmo tempo, sua estruturação pode impulsionar o aprimoramento dos programas de treinamento em robótica na indústria em geral.

Palavras-chave: Robótica; Indústria; Treinamento; Qualificação.

ABSTRACT

Robotics has been playing an increasingly prominent role in the industry, driving the need for employee qualifications to deal with such technology. However, many companies face obstacles in training their employees, due to the lack of training programs customized to their needs or the adoption of pedagogical practices that are sometimes inadequate and ineffective. Given this demand, the objective of this work was the development of an industrial robotics training program, focused on the use of Yaskawa robots in finished product palletizing cells in a plastic packaging industry. It aimed to train employees, from those with basic knowledge to those with prior knowledge in robotics, providing technical, theoretical and practical skills to deal with the challenges of industrial robotics. Through the structuring of this program and its evaluation, important results were identified, improving the organization's performance in aspects of process productivity. At the same time, its structuring can boost the improvement of robotics training programs in the industry in general.

Keywords: Robotics; Industry; Training; Qualification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução de robôs industriais instalados no mundo	15
Figura 2- Características das formas de automação industrial.....	19
Figura 3- Fluxograma das etapas.....	27
Figura 4- Robô cartesiano	35
Figura 5- Exercício sobre controle de programação.....	37
Figura 6- Atividade de Programação de trajetória em simulador.....	39
Figura 7- Instrução DIN	45
Figura 8- Instrução DOUT	45
Figura 9- Programação de entrada digital	46
Figura 10 - Programação de saída digital	46
Figura 11- Analogia de movimentação	48
Figura 12-Sistema de coordenadas Tipo Junta	48
Figura 13- Sistema de coordenadas Tipo Cartesianas.....	49
Figura 14- Atividade de simulação de programação	50
Figura 15- Simulação de programação de robô	51
Figura 16- Informação técnica de paletização.....	53
Figura 17- Paletização no posto de trabalho	53
Figura 18- Evolução de indicadores	55
Figura 19- Nível de escolaridade dos participantes do treinamento.....	57
Figura 20- Evolução no conhecimento de robótica	57
Figura 21- Evolução no conhecimento sobre programação de robôs	58
Figura 22- Percepção do nível de importância dos conhecimentos do treinamento .	59
Figura 23- Percepção do nível de importância do treinamento para a função	60
Figura 24- Percepção sobre o desempenho no treinamento	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Planejamento do ementário do treinamento.....	30
Quadro 2- Parâmetros Programa de Paletização Padrão	41
Quadro 3- Análise de programa de lógicas de INC, DEC e SET	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTTG	Centro de Treinamento Técnico
DEC	Decrement- Decremento
INC	Increment- Incrementar
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional de Normalização
LTDA	Limitada
NR	Norma Regulamentadora
SET	Set- Definir

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	14
1.2. JUSTIFICATIVA.....	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo geral	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. RESTRIÇÕES DO ESCOPO DO TRABALHO	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. CONCEITOS BÁSICOS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL.....	18
2.2. PAPEL DA ROBÓTICA NA SOCIEDADE MODERNA	21
2.3. BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO EM ROBÓTICA PARA A INDÚSTRIA	22
2.4. MELHORES PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE ROBÓTICA	23
2.5. ESTUDOS RELACIONADOS.....	25
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DA EMPRESA	27
3.2. ANÁLISE DAS COMPETÊNCIAS E RECURSOS DISPONÍVEIS	28
3.3. ESCOLHA DA ABORDAGEM PEDAGÓGICA.....	29
3.4. ESTRUTURAÇÃO DO EMENTÁRIO	29
3.5. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	31
3.6. AVALIAÇÃO DO TREINAMENTO	31
4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO	33
4.1. APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS.....	33

4.2. DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO	33
5. RESULTADOS	55
5.1. RESULTADOS PARA A EMPRESA	55
5.2. RESULTADOS PARA OS FUNCIONÁRIOS	56
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6.1. LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICES	69

1. INTRODUÇÃO

A incorporação da robótica e automação nos contextos corporativos vem ganhando papel central a nível mundial. Isso se justifica no fato de que as empresas compreendem que existe um alinhamento entre estas e o alcance de oportunidades de minimização dos custos associados aos seus processos de fabricação, melhoria do desempenho em produtividade, agilidade, melhor aproveitamento dos recursos humanos, entre outros (QUINTINO et al., 2015).

O conceito de *robot* teve início na Grécia e os primeiros projetos executados foram concebidos inicialmente com aparência similar ao ser humano (FENERICK; VOLANTE, 2021), sendo a primeira patente registrada em 1996 (SOARES; LUCATO, 2021). Posteriormente, cientistas árabes entenderam a importância de atribuir funções aos robôs que pudessem ir ao encontro das necessidades humanas (FENERICK; VOLANTE, 2021).

Com o advento da indústria 4.0 e o surgimento dos robôs colaborativos ou autônomos que auxiliam e minimizam o esforço do operador humano (VIDO, 2018) as formas como as empresas são operadas passaram por transformações. A força de trabalho humana e os robôs passaram a interagir nos ambientes de trabalho, promovendo um espaço de trabalho comum (SOARES; LUCATO, 2021). Os robôs são aplicados em processos repetitivos e manuais para a realização de atividades outrora executadas pelo homem (UNIVERSAL ROBOTS, 2021).

Neste sentido, à medida que aumenta a demanda pelo uso de tecnologias cada vez mais independentes nas empresas, evidenciam-se significativamente os desafios de qualificação da mão de obra disponível para lidar com estas automações. Faz-se necessário que as empresas estimulem a capacitação de seus colaboradores, por meio de contínuos treinamentos e especialização (BUDIN; LOPES, 2019). Assim, elenca-se a necessidade de programas de treinamento, que sejam capazes de contribuir para a geração de valor para as práticas das organizações pela análise das peculiaridades de cada colaborador (BUDIN; LOPES, 2019).

Além disso, é importante por parte dos profissionais que entendam as transformações que estão ocorrendo nas corporações e que tenham ciência que para ocuparem papéis de protagonistas precisam buscar aprendizado e qualificação para estarem suficientemente preparados para a indústria 4.0. Nesta Era se destacam que as aspirações da empresa sobre o perfil de profissionais estão amparadas em

colaboradores conectados, com raciocínio ágil e adeptos a mudanças e capazes de auxiliar e melhorar seus processos (BUDIN; LOPES, 2019).

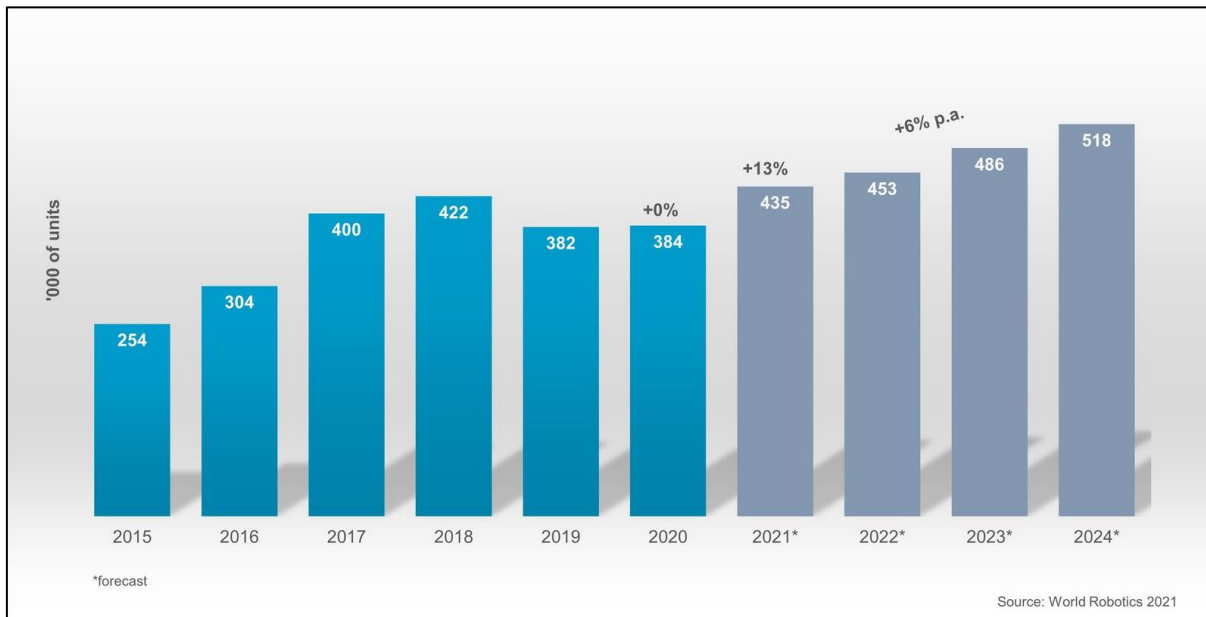
Sob esta perspectiva e considerando que no Brasil um dos principais desafios na implementação das tecnologias da indústria 4.0 ainda é a carência da qualificação da mão de obra (VELLO; VOLANTE, 2019) se entende como fundamental considerar o tema de planejamento de programas de treinamento nas estratégias organizacionais. Logo, o desenvolvimento deste trabalho visa contribuir para minimizar esta lacuna, através de um processo estruturado para treinamento a respeito de robótica nos ambientes industriais.

Para isso, o presente trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro é apresentada a justificativa e objetivos, assim como as restrições de escopo que embasam o trabalho. No capítulo 2 são elencados os fundamentos teóricos na perspectiva da robótica industrial à luz de diferentes autores. Já no terceiro capítulo, por sua vez, é apresentada a metodologia adotada e, por conseguinte, no capítulo 4 é descrito o desenvolvimento de treinamento sobre robótica em uma empresa de embalagens plásticas. No capítulo 5 são discriminados os resultados identificados para a empresa e para os funcionários e, por fim, no capítulo 6 são analisadas as principais conclusões obtidas.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A robótica tem se tornado cada vez mais presente na indústria em geral. De acordo com os dados divulgados pela Federação Internacional de Robótica (IFR) na *World Robotics Industrial Robots (2022)*, no ano de 2021 foram totalizados em estoque um valor superior a 3 milhões de robôs industriais operando em todo o mundo, conforme é possível observar na Figura 1. Desta forma, proporcionam-se avanços significativos em eficiência, automação e precisão nos processos produtivos.

Figura 1- Evolução de robôs industriais instalados no mundo



Fonte: Federação Internacional de Robótica (2021).

Ao passo que se identifica a ascendente demanda por sistemas robóticos nas empresas de acordo com dados coletados em 2021 (inclusive com estimativas de ascensão para períodos futuros), é impulsionada a demanda cada vez maior de qualificação dos funcionários para lidar com essa tecnologia de forma eficiente e segura. Igualmente, identifica-se que, apesar da importância estratégica da robótica industrial, muitas empresas enfrentam desafios na capacitação de seus colaboradores para trabalhar com tecnologia avançada (LUZ, 2022 *apud* Redação Mundo RH).

Ao encontro disso aponta Luz (2022) que há uma lacuna significativa na contratação de profissionais qualificados postulantes a vagas em setores relacionados à tecnologia. Esta afirmativa recebe respaldo nos contextos corporativos à medida que se observa a existência de um déficit expressivo entre a oferta de vagas e suas ocupações, que esbarra, por vezes, na baixa qualificação da mão de obra. De acordo com pesquisa realizada pela Associação das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação existe no cenário brasileiro um déficit entre demanda e oferta de mais de 106 mil profissionais das áreas de tecnologia (*apud* Redação Mundo RH, 2022).

1.2. JUSTIFICATIVA

A justificativa sobre a relevância do tema do ensino da robótica está amparada na ideia de que treinamento em robótica para a indústria desempenha um papel fundamental na preparação dos funcionários, fornecendo-lhes as habilidades técnicas e conhecimentos teóricos necessários para operar, programar e manter sistemas robóticos de forma eficaz. Para Sutil e Gonçalves (2021), a realização dos treinamentos é entendida como imprescindível para o desempenho satisfatório das atividades dos profissionais em qualquer tipo e nível de atividade, possibilitando o aprendizado técnico requerido.

Ressalta-se, no entanto, que, muitas vezes, os programas de treinamento disponíveis no mercado não atendem às necessidades específicas das empresas, uma vez que não consideram os diferentes níveis de habilidade dos funcionários ou não adotam as melhores práticas pedagógicas, desconsiderando, por vezes, suas particularidades (SUTIL; GONÇALVES, 2021). Sutil e Gonçalves (2021) elencam que não é suficiente planejar treinamentos aos profissionais, é preciso que a capacitação aconteça de forma adequada para gerar o melhor aproveitamento.

Com relação à justificativa prática, destaca-se que a empresa foco deste estudo se ocupa da fabricação de embalagens plásticas e está localizada na serra gaúcha, contando com duas unidades fabris, sendo considerada uma das principais de seu segmento no cenário brasileiro. Tem como missão oferecer soluções em embalagens plásticas, agregando valor ao negócio do cliente, de forma inovadora e sustentável e tem foco em qualidade e inovação de seus produtos e processos.

Compreende a automatização como aliada para a melhoria de seu desempenho, produtividade e eficiência e investe constantemente na implantação de recursos de tecnologia (inclusive robôs) em etapas específicas de seus processos. Ao mesmo tempo, entende como importante investir na capacitação de seus colaboradores para que sejam aptos para atuar com a tecnologia disponível, a fim de utilizá-la adequadamente e com o melhor desempenho. Porém, ainda se identifica uma ausência de um processo de treinamento estruturado em robótica.

Dessa forma, o desenvolvimento de um programa de treinamento em robótica para a indústria é uma questão relevante e oportuna, com potencial para aprimorar a capacitação dos funcionários e impulsionar a adoção e o sucesso da robótica industrial na Empresa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral desenvolver um programa de treinamento em programação de robôs Yaskawa utilizados em células de paletização na indústria.

1.3.2. Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as melhores práticas pedagógicas existentes na literatura acerca do ensino da robótica;
- Relacionar as demandas específicas da empresa para o estudo com o programa de treinamento;
- Desenvolver os conteúdos e o programa de treinamento a ser empregado no estudo de caso;
- Avaliar o treinamento proposto pelo desenvolvimento do programa, definindo indicadores-chave para mensurar sua eficácia.

1.4. RESTRIÇÕES DO ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho apresenta algumas restrições, pois atentar-se-á a algumas áreas específicas para os treinamentos dos funcionários, a fim de trazer maior foco e qualidade, podendo-se expandir gradualmente às demais áreas no futuro. Assim, o foco principal será a programação de *layout* em sistemas de paletização com mosaicos pré-definidos, programa base e lógicas de programa prontos. Serão programados robôs da marca Motoman Yaskawa GP 25 com o controlador YRC 1000. Espera-se que, mesmo com as atualizações e inovações que venham a ocorrer neste tipo de maquinário, possa amparar continuamente como guia de treinamento, ainda que sejam necessárias adequações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica que embasa o trabalho proposto, sendo abordados os principais conceitos, teorias relacionadas, práticas pedagógicas e pesquisas relevantes para o tema em questão.

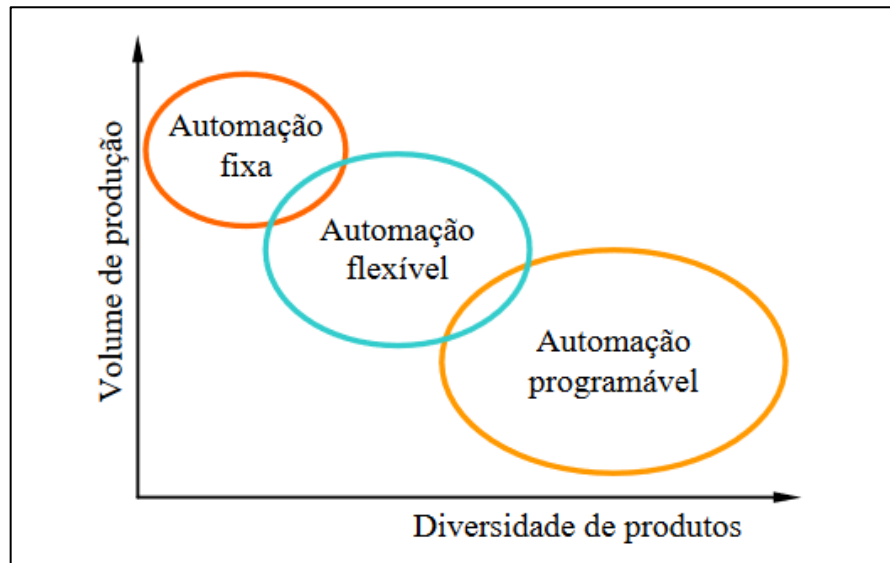
2.1. CONCEITOS BÁSICOS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL

O termo *robot*, na tradução, robô, foi criado em 1920 por Karel Capek, novelista e escritor tcheco que o utilizou em vários filmes de ficção de cunho científico. Neste período os robôs eram similares em forma e comportamento ao ser humano e começaram a surgir especulações para reproduzir os robôs na vida real. Estes, inicialmente, foram criados para a execução de tarefas mais complexas para o ser humano, passando a ser utilizados na indústria, com foco especialmente no aumento da produtividade (CARRARA, 2015). Conforme a Associação de Indústrias de Robôs dos Estados Unidos (BASTOS FILHO, 2015), os robôs se tratam de manipuladores de materiais e outros, por meio de movimentos variados que podem ser reprogramáveis.

A definição da ISO 10218 citada por Santos e Gorgulho Júnior (2014) afirma que: “um robô industrial é uma máquina para manipulação, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial”. São capazes de executar uma ampla gama de tarefas, como: soldagem, montagem, pintura, embalagem e movimentação de materiais.

Com relação às formas de automação industrial são concebidas três formas distintas: fixa, flexível e programável. A Figura 2 ilustra a relação entre o volume de produção e a diversidade de produtos para os processos de automação descritos.

Figura 2- Características das formas de automação industrial



Fonte: Carrara (2015).

A automação fixa se refere à ideia de equipamentos específicos para cada item fabricado, produzindo um volume elevado, porém, de um produto único ou com poucas variações. Envolve um investimento significativo de aquisição, todavia, é reduzido o custo geral associado ao processo de fabricação. Nesta forma existe um risco implícito diante da obsolescência do produto (CARRARA, 2015).

No que diz respeito à automação flexível, como o nome sugere, existe uma maior flexibilidade para a fabricação de produtos distintos, porém, desde que similares, com um nível médio de produtividade. E, na automação programável é possível a produção de itens com características diferentes, porém, conseqüentemente, o volume de produção é reduzido, sendo bastante utilizada nos contextos industriais (CARRARA, 2015).

Com relação às características de funcionamento, Santos e Gorgulho Júnior (2014) descrevem que robôs industriais contam com algumas partes fundamentais, sendo elas: a base fixa, geralmente estática ou eventualmente pode girar ou deslizar por uma curta distância; o braço articulado, chamado frequentemente de manipulador mecânico; o efetuador final que pode ser na forma de garra ou de outra ferramenta específica; uma unidade de controle, que é o computador do robô e o dispositivo de programação, possivelmente *teach box*, *joystick* ou teclado.

O efetuador final, também conhecido como ferramenta final, é a parte do robô que entra em contato com o objeto a ser manipulado. Essa ferramenta pode assumir diversas formas, como uma garra mecânica, uma ventosa ou uma ferramenta de soldagem, dependendo da aplicação específica em que o robô será utilizado (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

A programação de robôs desempenha um papel fundamental no seu funcionamento. Ela envolve a criação de sequências de comandos que permitem que o robô execute suas tarefas designadas. Essa programação pode ser realizada por meio de linguagens de programação específicas, interfaces gráficas ou, até mesmo, ensino pelo exemplo, em que o operador move o robô manualmente para ensiná-lo a executar uma determinada tarefa (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

Os sensores são componentes essenciais na robótica industrial, pois fornecem ao robô informações sobre o ambiente ao seu redor. Isso inclui sensores de: proximidade, que detectam a presença de objetos; sensores de força e torque, que medem a interação com o ambiente; sensores de temperatura, entre outros. Estes sensores permitem que o robô tome decisões em tempo real com base nas informações recebidas, garantindo um comportamento adequado e seguro (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

O controle e o *feedback* são responsáveis por gerenciar e regular o movimento e as ações do robô. Os sistemas de controle monitoram constantemente o *feedback* dos sensores e ajustam os comandos enviados aos atuadores do robô, garantindo um movimento preciso e seguro. Dessa forma, o robô pode se adaptar às mudanças no ambiente e executar suas tarefas de maneira eficiente (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

A segurança na robótica industrial é de extrema importância. Segundo a NR12, medidas de segurança são implementadas para proteger os operadores e evitar acidentes. Isso inclui a instalação de cercas de proteção, o uso de sensores de segurança, a definição de limites de velocidade, a presença de paradas de emergência e a implementação de sistemas de intertravamento. Essas medidas garantem que o ambiente de trabalho seja seguro e que os operadores possam interagir com os robôs de forma protegida (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

Em resumo, o efetuador final, a programação de robôs, os sensores, o controle e o *feedback*, juntamente com as medidas de segurança, são componentes essenciais na robótica industrial. Eles trabalham em conjunto para permitir que os

robôs executam tarefas de forma eficiente, precisa e segura, melhorando a produtividade e a segurança no ambiente de trabalho (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2014).

2.2. PAPEL DA ROBÓTICA NA SOCIEDADE MODERNA

Conforme Santos (2004), o termo robótica se relaciona à disciplina do uso e programação de robôs. Para Omron (2020), a robótica desempenha um papel fundamental na indústria moderna, trazendo benefícios significativos e impulsionando avanços tecnológicos. A automação de processos é um dos principais papéis da robótica na indústria. Ela substitui tarefas manuais por operações automatizadas e repetitivas, aumentando a eficiência, a velocidade da produção e reduzindo erros e custos de mão de obra.

A automação industrial surge de demandas, como: redução dos custos e perdas relacionadas aos processos produtivos, melhoria da qualidade, utilização dos recursos humanos disponíveis para a realização de tarefas mais complexas, melhoria no controle e gestão da produção, etc. (FRASCÁ; BRUNO, 2021).

Além disso, para a Universal-robots (2023), os robôs industriais operam de forma contínua, sem fadiga ou necessidade de descanso, o que resulta em uma produção ininterrupta e um aumento considerável na produtividade das empresas. A precisão e a consistência dos robôs garantem a produção de alta qualidade e produtos consistentes, reduzindo erros e retrabalho. A segurança no trabalho também é um benefício significativo da robótica industrial. Os robôs podem ser projetados para realizar tarefas perigosas, reduzindo o risco de acidentes e lesões para os trabalhadores, o que contribui para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

Igualmente, a flexibilidade e adaptabilidade da robótica industrial são vantagens importantes. Os robôs podem ser reprogramados e reconfigurados para realizar diferentes tarefas, adaptando-se a mudanças nas demandas do mercado. Embora o investimento inicial em robôs possa ser significativo, a longo prazo podem levar à uma redução nos custos de produção, devido à diminuição dos custos com mão de obra, menor tempo de ciclo, de retrabalho e de consumo de materiais (SILVA et al., 2015).

A adoção da robótica industrial impulsiona a inovação e a competitividade das empresas, contribuindo na implementação de tecnologias avançadas, na otimização

de processos, no desenvolvimento de novos produtos e na prontidão de respostas às demandas do mercado, mantendo-se à frente da concorrência (SILVA et al., 2015).

A colaboração homem-máquina é outro aspecto relevante da robótica. A robótica permite que humanos e robôs trabalhem juntos em um mesmo ambiente, com eficiência e complementaridade. Os robôs auxiliam os trabalhadores em tarefas complexas, aumentando a produtividade e a segurança (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2022).

Em resumo, a robótica tem um impacto significativo na indústria moderna, melhorando a eficiência, a qualidade, a segurança e a competitividade das empresas. Com o contínuo avanço da tecnologia robótica, espera-se que seu papel na indústria seja ainda mais abrangente e transformador (ROMANO; DUTRA, 2002).

2.3. BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO EM ROBÓTICA PARA A INDÚSTRIA

O treinamento em robótica oferece uma série de benefícios para a indústria. Bastos Filho (2015) afirma que diante de demandas da firma, a eficiência dos robôs de cumprirem suas funções pré-definidas deveria ser próxima de 100%, trazendo confiabilidade. Além disso, pode-se destacar dentre os benefícios:

- Desenvolvimento de habilidades técnicas: o treinamento em robótica capacita os funcionários com as habilidades técnicas necessárias para operar e manter os sistemas robóticos. Isso inclui conhecimentos em programação, manutenção, solução de problemas e integração de sistemas, permitindo que os colaboradores aproveitem todo o potencial dos robôs industriais (UNIVERSAL ROBOTS, 2023).
- Aumento da eficiência e produtividade: o treinamento em robótica permite que os funcionários otimizem o uso dos sistemas robóticos, realizando tarefas com maior eficiência e precisão. Isso resulta em um aumento da produtividade, já que os robôs podem executar tarefas de forma mais rápida e consistente do que os processos manuais (UNIVERSAL ROBOTS, 2023).
- Redução de erros e retrabalho: com um treinamento adequado, os funcionários são capazes de utilizar os robôs de forma correta e segura, reduzindo a ocorrência de erros e a necessidade de retrabalho. Isso resulta em uma melhoria na qualidade dos produtos e uma diminuição nos custos associados a falhas e desperdícios (UNIVERSAL ROBOTS, 2023).

- Melhoria da segurança no trabalho: o treinamento em robótica inclui aspectos relacionados à segurança, garantindo que os funcionários entendam os procedimentos adequados de operação e manutenção dos robôs. Isso reduz o risco de acidentes e lesões, criando um ambiente de trabalho mais seguro (SILVA et al., 2015).
- Flexibilidade e adaptabilidade: com o treinamento em robótica, os funcionários se tornam mais flexíveis e capazes de se adaptar a mudanças nos processos de produção. Eles podem reprogramar os robôs de acordo com as necessidades específicas, permitindo uma maior versatilidade e resposta rápida a novas demandas do mercado (CARRARA, 2015).
- Estímulo à inovação: o treinamento em robótica estimula a inovação dentro da indústria, pois os funcionários são incentivados a explorar novas aplicações e possibilidades dos sistemas robóticos. Isso pode levar ao desenvolvimento de soluções criativas e ao aumento da competitividade das empresas (UNIVERSAL ROBOTS, 2023).
- Retenção de talentos: investir em treinamento em robótica demonstra o compromisso das empresas com o desenvolvimento profissional de seus colaboradores. Isso pode contribuir para a retenção de talentos, já que os funcionários se sentem valorizados e têm a oportunidade de adquirir conhecimentos avançados em um campo tecnologicamente relevante (PELOSO; YONEMOTO, 2010).

Em resumo, o treinamento em robótica na indústria proporciona habilidades técnicas, aumento da eficiência, redução de erros, melhoria da segurança, flexibilidade, estímulo à inovação e retenção de talentos. Esses benefícios combinados ajudam as empresas a alcançar um desempenho superior, impulsionar a competitividade e se adaptar às demandas em constante evolução do mercado.

2.4. MELHORES PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE ROBÓTICA

Ao desenvolver um programa de treinamento em robótica para a indústria é importante considerar as melhores práticas pedagógicas para garantir uma experiência de aprendizado eficaz e envolvente. Uma dessas práticas é a abordagem prática e *hands-on*. Segundo Imbernón (2009), o termo "Mão na Massa" teve sua origem no termo "*hands-on*", associado ao museu Exploratorium de São Francisco e à aprendizagem participativa em centros e museus de ciência. Nesse sentido, é

fundamental que o treinamento em robótica seja baseado em atividades *hands-on*, permitindo que os participantes interajam diretamente com os robôs, realizem tarefas e experimentem o funcionamento real dos sistemas robóticos.

Neste sentido, a aplicação prática do conhecimento também desempenha um papel importante no processo de aprendizado em robótica. De acordo com Carvalho e Grechi (2008), os participantes devem ser incentivados a aplicarem o conhecimento adquirido em situações práticas. Projetos e atividades que desafiem os aprendizes a resolverem problemas reais usando os princípios da robótica fortalecem a compreensão dos conceitos e desenvolvem habilidades de resolução de problemas.

A colaboração e o trabalho em equipe são elementos essenciais na robótica. Trabalhar em projetos e atividades em equipe promove a troca de ideias, a resolução de problemas coletivamente e a valorização das habilidades individuais dentro de um contexto colaborativo. Através da interação com os outros participantes é possível enriquecer o aprendizado e desenvolver habilidades de comunicação e trabalho em equipe (CARVALHO; GRECHI, 2008).

Além disso, uma abordagem progressiva ao ensino de robótica é crucial. De acordo com Rezende, Toledo e Santos (2021), iniciar pelos conceitos básicos e avançar para níveis mais complexos permite que os participantes desenvolvam uma base sólida de conhecimento e habilidades antes de avançar para tópicos mais avançados. Dessa forma, é possível promover uma compreensão aprofundada dos conceitos e um desenvolvimento gradual das habilidades necessárias.

Segundo Imbernón (2009), também é importante encorajar os participantes a explorar e experimentar, estimulando a criatividade no design de soluções e na resolução de problemas. Através da liberdade para expressar suas ideias e buscar soluções originais, os participantes têm a oportunidade de desenvolver habilidades criativas e inovadoras.

Promover a mentalidade de resolução de problemas é outro aspecto relevante no ensino de robótica. Através da resolução de problemas complexos, os participantes são desafiados a aplicar os conceitos e habilidades aprendidos. Incentivar a perseverança e a criatividade na busca por soluções promove o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, essenciais no campo da robótica (IMBERNON, 2009).

Segundo Pinto Junior e Menezes (2017), a robótica é um campo interdisciplinar que engloba diversas áreas do conhecimento, como: ciência,

tecnologia, engenharia e matemática. É importante promover a integração dessas disciplinas no programa de treinamento em robótica, fornecendo uma visão holística e conectando os conceitos da robótica com outras áreas do conhecimento. Ao abordar a interdisciplinaridade, os participantes podem compreender como os princípios e as aplicações da robótica estão relacionados a diferentes campos e contextos, ampliando sua compreensão e capacidade de aplicação.

O uso de tecnologias educacionais também pode enriquecer o processo de aprendizado em robótica. Recursos como simuladores de robôs, plataformas de programação visual, recursos *online*, vídeos explicativos e aplicativos interativos podem tornar o aprendizado mais envolvente e acessível. A exploração dessas tecnologias educacionais permite a incorporação de diferentes modalidades de aprendizado, estimulando a participação ativa dos alunos e fornecendo ferramentas para a prática e o aprofundamento dos conceitos (PINTO JUNIOR; MENEZES, 2017).

Estabelecer mecanismos de avaliação é fundamental para medir o progresso dos participantes e identificar áreas de melhoria. Através de testes, projetos práticos, apresentações ou outras formas de avaliação, é possível acompanhar o desempenho dos participantes e fornecer *feedback* adequado para promover um aprendizado contínuo. A avaliação permite monitorar o desenvolvimento das habilidades, identificar lacunas no conhecimento e ajustar o programa de treinamento conforme as necessidades (PINTO JUNIOR; MENEZES, 2017).

Conforme Pinto Junior e Menezes (2017), ao seguir essas melhores práticas pedagógicas é possível criar um ambiente de aprendizado eficaz, estimulante e envolvente para o ensino da robótica na indústria. Essas práticas ajudam os participantes a adquirir habilidades relevantes, desenvolver uma mentalidade inovadora e se preparar para os desafios do campo da robótica industrial. O programa de treinamento em robótica se torna uma oportunidade para capacitar os participantes e promover a excelência nos setores.

2.5. ESTUDOS RELACIONADOS

Sutil e Gonçalves (2021) afirmam a importância do treinamento na indústria enfatizando que “o treinamento é o diferencial dentro da empresa, posto que uma de suas finalidades é aprimorar o potencial das pessoas, fazendo surgir a capacidade do colaborador de ser independente e ter autonomia para analisar e resolver problemas”.

Complementam reiterando que, dessa forma, o treinamento deixa de ser compreendido como custo e passa a ser entendido como um investimento.

Por outro lado, Budin e Lopes (2019) mencionam os desafios da capacitação profissional frente à adoção da Indústria 4.0. O avanço tecnológico trazido por essa nova revolução industrial demanda o desenvolvimento de novas competências e habilidades por parte dos profissionais da indústria. Logo, justifica-se a importância da capacitação contínua dos profissionais, destacando como essencial programas de treinamento adaptados às novas tecnologias, como a robótica, a automação e a internet das coisas.

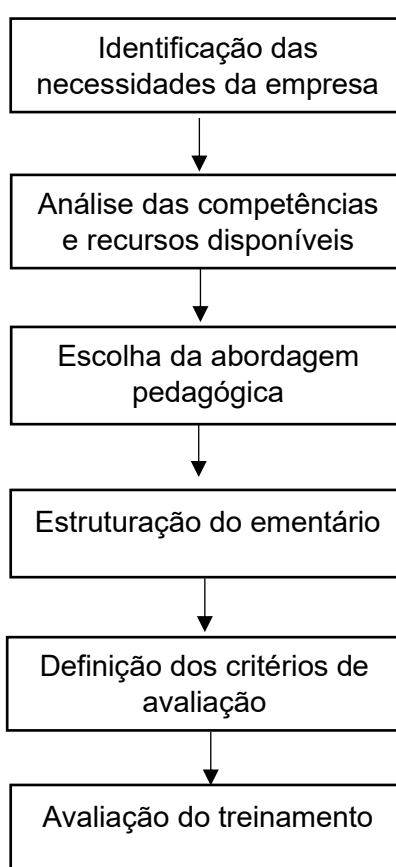
Além disso, os desafios enfrentados pelas empresas na implementação desses programas de capacitação vão desde resistência à mudança, falta de recursos financeiros, até a falta de profissionais qualificados. Assim, a capacitação profissional é fundamental para o sucesso da Indústria 4.0 e se destaca a importância de políticas públicas e parcerias entre empresas e instituições de ensino na promoção da formação e atualização dos profissionais (BUDIN; LOPES, 2019).

Segundo Souza et al. (2022) é relevante a capacitação e requalificação contínua do administrador no contexto da Indústria 4.0. Com o avanço da tecnologia e a transformação digital, novas competências e habilidades são requeridas dos profissionais de administração para se manterem valorizados no mercado de trabalho, proporcionando-lhes maior valorização profissional e melhores oportunidades de carreira.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia do trabalho. Essa análise detalhada permitirá compreender o contexto da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados utilizados e a organização das aulas, com vistas à análise da eficácia e relevância do programa de treinamento em robótica para a empresa em questão. Na Figura 3 é apresentado o fluxograma das etapas a serem desenvolvidas.

Figura 3- Fluxograma das etapas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DA EMPRESA

Sediada na cidade de Carlos Barbosa, no estado do Rio Grande do Sul, com uma filial no município de Barão, a Empresa se ocupa da fabricação de embalagens plásticas. Conta com uma equipe dedicada e especializada com aproximadamente 600 colaboradores comprometidos em oferecer soluções em embalagens de alta qualidade, tanto ao mercado interno, quanto internacional.

Atualmente, a empresa possui 17 robôs operando em duas aplicações distintas. Dentre essas aplicações, 5 células são dedicadas à paletização de caixas de papelão, enquanto as outras 12 são destinadas ao manuseio de peças. As células de paletização são equipadas com robôs Yaskawa GP25, integrados em uma seladora de caixa automática, sendo que uma célula utiliza um robô Yaskawa GP50 com integração em uma seladora manual.

A fim de atender a demanda da fábrica, sempre que um novo modelo de caixa precisa ser paletizado em uma célula específica, um novo programa é criado com base em um programa padrão existente. Esse programa padrão engloba toda a lógica de integração do robô com a célula, bem como as instruções necessárias para o correto funcionamento do robô. A responsabilidade de programação é da equipe interna encarregada, que realiza todos os movimentos necessários para a paletização do mosaico escolhido para cada item.

Logo, entende-se que a necessidade da empresa com relação ao ensino da robótica envolve desde conceitos básicos acerca do funcionamento do robô até etapas de programação diante da necessidade de mudanças nas condições de trabalho.

3.2. ANÁLISE DAS COMPETÊNCIAS E RECURSOS DISPONÍVEIS

A análise das competências necessárias dos participantes considera funcionários nos quais as atividades desenvolvidas estão relacionadas ao uso da robótica. Logo, para a seleção dos funcionários que participarão do treinamento, é realizada uma escolha baseada na função desempenhada na empresa e na relação de suas atividades com as células de paletização.

Levando em consideração a quantidade de células de paletização e os turnos de trabalho, foi definido que 7 funcionários receberão o treinamento necessário. Esses funcionários serão preparados para operar e programar os robôs, garantindo um processo eficiente de paletização de caixas de papelão.

Com relação aos recursos disponíveis, o treinamento será conduzido no espaço específico para treinamentos da Empresa chamado de CTTG (Centro de Treinamento Técnico). O CTTG oferece uma sala de aula equipada com projetor e quadro branco, além de computadores que auxiliam nas pesquisas. Para fins práticos, está disponível um robô Yaskawa GP25 com o controlador YRC1000, devidamente

instalado e conectado às entradas e saídas para possíveis simulações de funcionamento.

Além disso, será utilizado o simulador Yaskawa Motoman Motosim EG VRC 2019, para auxiliar nas atividades didáticas durante as aulas. Essas ferramentas fornecem um ambiente propício para o aprendizado e a prática das habilidades necessárias para operar e programar os robôs de paletização.

3.3. ESCOLHA DA ABORDAGEM PEDAGÓGICA

No treinamento em questão, são adotadas abordagens e técnicas de ensino adequadas, levando em consideração os métodos de aprendizagem mencionados na literatura. O foco principal está no aprendizado progressivo, em que cada aula segue uma sequência lógica em relação à anterior, visando o avanço do conhecimento de forma gradual e consistente.

Para garantir a fixação do conhecimento, é dada ênfase ao método prático, proporcionando aos participantes a oportunidade de colocar em prática os conceitos aprendidos, interagindo diretamente com os robôs e realizando tarefas relacionadas.

Além disso, é incentivado o trabalho em equipe para a resolução de problemas. Aos participantes é oportunizado colaborar uns com os outros, trocar ideias e enfrentar desafios em conjunto, promovendo a sinergia e a capacidade de solução de problemas de forma coletiva.

Assim, a escolha de abordagens e técnicas de ensino adequadas está baseada no aprendizado progressivo, no método prático, no trabalho em equipe e na utilização de acompanhamento e avaliação como ferramentas de acompanhamento e medição do progresso dos participantes.

3.4. ESTRUTURAÇÃO DO EMENTÁRIO

A sequência didática proposta para o programa de treinamento em robótica na Empresa em questão está organizada em 9 encontros, cada um com duração estimada de 4 horas. O público-alvo do treinamento se trata dos funcionários da empresa que necessitam adquirir conhecimentos e habilidades na programação e operação dos robôs de paletização.

A seguir é discriminado no Quadro 1 o planejamento do ementário para cada aula, considerando as demandas da Empresa e o manual de uso do equipamento Yaskawa GP25.

Quadro 1- Planejamento do ementário do treinamento

Aula	Objetivo:	Conteúdos programáticos
Aula 1: Introdução à linguagem sequencial e operação básica do robô;	Introdução à robótica Tipos de robôs	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de robôs; Utilização do plano cartesiano para programação;
Aula 2: Conhecimento do controle de programação	Conhecimentos sobre interface Operações básicas de robô	<ul style="list-style-type: none"> Exploração da interface do controle YRC1000; Operações básicas de movimentação do robô.
Aula 3: Edição de um trabalho	Conhecimentos de linguagem de programação de controlador	<ul style="list-style-type: none"> Exploração da interface do controle YRC1000; Operações básicas de movimentação do robô. Linguagem sequencial utilizada nos robôs Yaskawa; Criação, cópia, deleção e renomeação de um trabalho; Configuração de trajetórias e suas variáveis; Verificação e reprodução das trajetórias programadas.
Aula 4: Lógicas de programação Yaskawa:	Lógica de programação	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de blocos lógicos IF e IF-THEN para tomada de decisões; Instruções de controle, como CALL e RET, JUMP*LABEL e *LABEL, JUMP JOB.
Aula 5: Instruções e variáveis aritméticas	Conhecimento sobre instruções aritméticas	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de instruções aritméticas, como INC, DEC e SET; Manipulação de variáveis para cálculos e operações matemáticas.
Aula 6: Programação de entradas e saídas	Programação e entradas e saídas do controlador	<ul style="list-style-type: none"> Configuração e utilização de dispositivos de entrada e saída; Integração de sensores e atuadores no programa do robô.
Aula 7: Grupos de coordenadas	Coordenadas, parâmetros e movimentos dos robôs	<ul style="list-style-type: none"> Utilização de grupos de coordenadas para facilitar a programação; Ajuste de trajetórias e posições utilizando grupos de coordenadas; Programação seguindo pré-requisitos.
Aula 8: Atividade de criação de programa	Conhecimentos sobre programação	<ul style="list-style-type: none"> Criar um programa seguindo pré-requisitos.
Aula 9: Integração e aplicação prática	Conhecimentos de programação na prática	<ul style="list-style-type: none"> Aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em um cenário real de paletização; Solução de problemas e otimização do processo de paletização.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao longo do treinamento são disponibilizados materiais de apoio, como apostila que foi desenvolvida com base no manual e simulação de exercícios práticos, para auxiliar no aprendizado dos participantes. A realização de atividades práticas e a interação com o robô em ambiente controlado permite que os funcionários adquiram as competências necessárias para operar e programar os robôs de paletização de forma eficiente e segura.

3.5. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação proposto para o programa de treinamento em robótica na Empresa é constituído por uma avaliação teórica e uma avaliação prática. Estas avaliações têm como objetivo medir o progresso dos participantes e avaliar a eficácia do programa de treinamento. A seguir, são descritos os critérios de avaliação definidos:

Avaliação Teórica:

- Durante o treinamento, é aplicada uma atividade individual para avaliar o progresso e o entendimento teórico dos participantes sobre os conteúdos propostos.

Avaliação Prática:

- Criação de uma situação prática semelhante aos desafios encontrados no ambiente de trabalho da empresa. Posteriormente, será solicitado que os participantes programem o robô para executar uma tarefa específica. Por fim, será utilizada uma ficha de análise para avaliar a capacidade dos participantes em desenvolver a programação corretamente. Serão considerados aspectos de: funcionalidade; legibilidade do código; modularidade; tratamento de erros; boas práticas de programação; desempenho; portabilidade; segurança; escalabilidade e integração com sensores/ atuadores.

3.6. AVALIAÇÃO DO TREINAMENTO

A partir da realização do treinamento e pelas avaliações será possível medir o progresso teórico e prático dos participantes ao longo do treinamento, fornecendo parâmetros de comparação entre o conhecimento inicial e o conhecimento adquirido,

bem como a capacidade de aplicar os conceitos na prática. Os resultados obtidos servem de base para avaliar áreas de melhoria e também para evidenciar a eficácia do programa de treinamento como um todo.

Acontecerá um acompanhamento contínuo dos participantes e do processo anterior e posterior ao treinamento, por meio de avaliações e métricas, para monitorar o progresso e identificar áreas que possam necessitar de maior atenção. Essas avaliações servirão de dados de entrada para o aprimoramento do programa de treinamento, ajustando-o de acordo com as necessidades e dificuldades identificadas.

Ao final do treinamento também será aplicado aos participantes um questionário constituído de 8 questões, que foi elaborado no *google forms* e direcionado aos respondentes através de contato do whatsapp. As questões 2 a 5 visam comparar os conhecimentos antes e após a realização do treinamento sobre o tema da robótica e programação, por meio de uma escala *likert* de 0 a 5, sendo 0 – ausência total de conhecimento e 5- conhecimento abrangente e avançado.

Já na questão 6 o objetivo é avaliar o nível de importância do conhecimento adquirido durante o treinamento, sendo 0- nenhum impacto ou contribuição e 5- domínio completo com a capacidade de enfrentar desafios e contribuir de maneira significativa. A questão 7 foca em avaliar o desempenho do participante no treinamento e, por fim, a questão 8 busca identificar o nível de relevância deste treinamento para o desempenho de suas atividades, sendo 0- nenhuma relevância e 5- extrema importância.

4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO

Neste capítulo é detalhado o processo de para realização do treinamento planejado.

4.1. APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS

Foi desenvolvida apostila de programação básica da Yaskawa a partir de manual do equipamento. Também realizada montagem de slides para apresentação, utilização do simulador MotoSimEG-VRC e um robô Yaskawa MotoMan GP25 6 graus de liberdade.

4.2. DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO

O programa foi implementado no CTTG da Empresa. Foi ministrado para uma turma de 7 integrantes, atendendo as competências requeridas pela função pré-definida, sendo eles facilitadores dos setores de termoformagem, setor-alvo do treinamento onde se concentra os robôs de paletização.

Essa turma teve suas aulas ministradas pelo autor deste trabalho, nos sábados de manhã, com início no dia 02/09/23 e término no dia 28/10/23, sendo 9 encontros de 4 horas cada, totalizando 36 horas de treinamento.

A seguir detalhamento de cada aula com as atividades desenvolvidas.

Encontro 1

Assuntos abordados: Introdução à robótica

- Tipos de robôs;
- Utilização do plano cartesiano para programação.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 02/09/23

Objetivo da aula: o objetivo foi promover um nivelamento dos conhecimentos prévios entre os participantes sobre alguns tipos de robôs utilizados na indústria, enfatizando o robô articulado seis eixos que é o utilizado na empresa.

Recursos utilizados: para a aula foi utilizada a sala de aula com o projetor e slides.

Comprometimento dos alunos com a aula: as atividades propostas foram realizadas com comprometimento e de forma individual. Alunos participaram com questionamentos e contribuições.

Nesta primeira aula a proposta foi de alinhar os conhecimentos prévios dos alunos com conceitos básicos de robótica, mostrando-lhes os diferentes tipos de robôs que podem ser encontrados na indústria e reforçando a teoria do plano cartesiano e sua analogia com o funcionamento do robô. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados. Na sequência, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através de um debate de troca de ideias. Neste momento, foi perceptível identificar os principais interesses dos alunos e pontos a serem reforçados para nivelamento no entendimento sobre o assunto.

Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados por meio das trocas realizadas em sala de aula e a relevância do tema no ambiente industrial e em suas atividades diárias. Neste sentido, elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta primeira aula foram as vantagens e desvantagens dos 7 tipos de robôs abordados para exemplificar, visto que ao conhecer mais do que um tipo, a criatividade e o senso crítico se fortaleceu. Igualmente, despertou maior curiosidade dos alunos o assunto dos robôs cartesianos, como apresentado na Figura 4, em que foram apresentadas as principais características relacionadas, pois no momento da

demonstração surgiram vários questionamentos sobre a implementação no setor produtivo da empresa.

Figura 4- Robô cartesiano



Fonte: Material da aula elaborado pelo autor (2023).

Ao final da aula, identificou-se uma evolução dos participantes principalmente com relação ao tema da robótica industrial, sendo alcançado o objetivo previsto.

Encontro 2

Assuntos abordados: Conhecimento do controle de programação

- Exploração da interface do controle YRC1000.
- Operações básicas de movimentação do robô.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 09/09/23

Objetivo da aula: o objetivo foi promover um nivelamento dos conhecimentos prévios entre os participantes sobre a interface do controle YRC1000 e realizar operações de movimentação básicas no robô articulado 6 eixo da Yaskawa.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô.

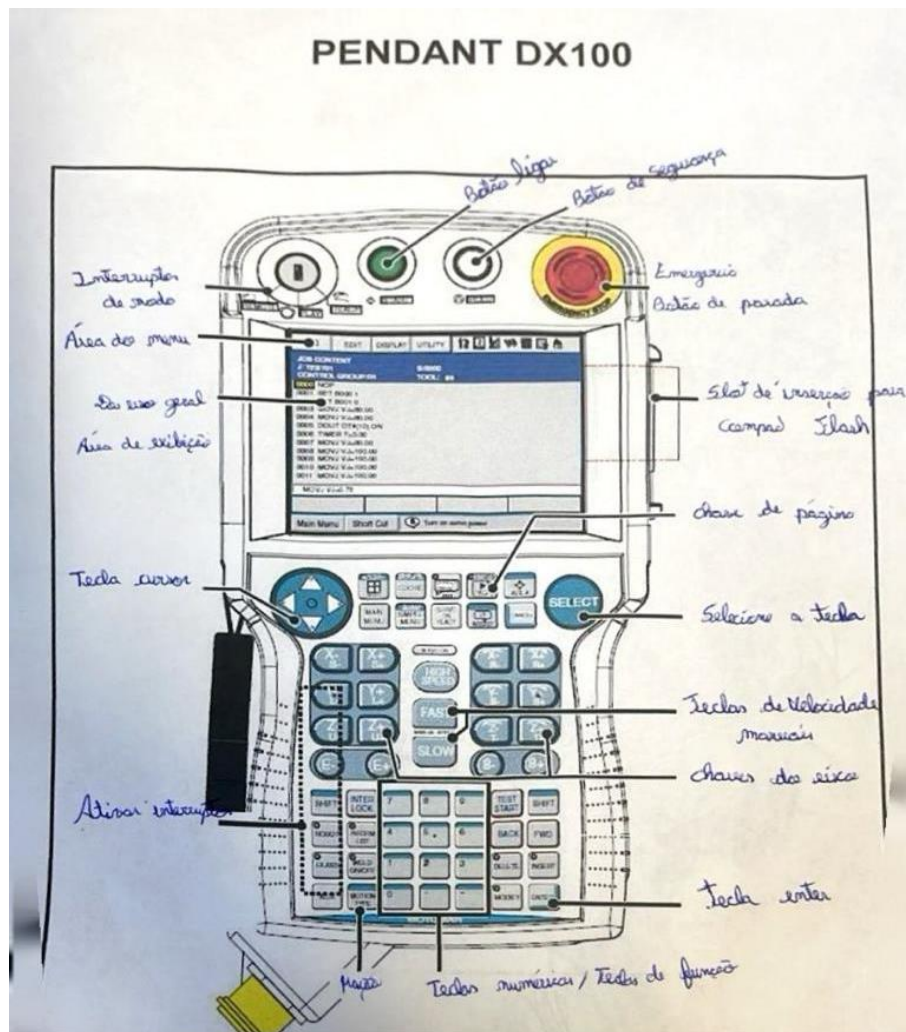
Comprometimento dos alunos com a aula: A aula foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Nesta segunda aula a proposta foi introduzir o conhecimento sobre o funcionamento e funcionalidade do controle de programação e movimentação do controlador YRC1000. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados. Para isso, além das explicações teóricas, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através do simulador e do controle físico disponível.

Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados por meio das interações entre os participantes e a disposição dos mesmos com o simulador e o controle. Neste sentido, elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta segunda aula foi a exploração do controlador, visto que foram apresentados os principais botões e suas funções e também foi realizada a operação/movimentação de forma manual do robô pelos participantes, visto que nem todos tinham esse contato. Igualmente, despertou maior curiosidade dos alunos o assunto sobre a movimentação do robô, sua cinemática para o posicionamento da ferramenta/garra, uma vez que no momento da explanação houve muitos questionamentos em relação ao assunto, sendo possível evidenciar a curiosidade da turma.

Na Figura 5 é possível evidenciar o exercício individual proposto para a turma, no qual foram descritas as principais funções das teclas do controle de programação.

Figura 5- Exercício sobre controle de programação



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao final da aula, identificou-se uma evolução dos participantes principalmente com relação aos temas, visto que foi solicitado para os mesmos a resolução do exercício, sendo que todos conseguiram descrever com suas palavras as principais funções das teclas, conforme desempenho apresentado no APÊNDICE A.

Também por meio da atividade prática, foi possível constatar que os mesmos conseguiram realizar uma movimentação manual do robô físico, sendo alcançado o objetivo deste encontro.

Encontro 3

Assuntos abordados: Edição de um trabalho:

- Linguagem sequencial utilizada nos robôs Yaskawa;

- Criação, cópia, deleção e renomeação de um trabalho;
- Configuração de trajetórias e suas variáveis;
- Verificação e reprodução das trajetórias programadas.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 16/09/23

Objetivo da aula: o objetivo foi a demonstração do funcionamento da linguagem de programação do controlador YRC1000 e dos procedimentos para a edição de trabalhos, sendo criando ou copiando um trabalho já existente.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô Yaskawa GP25 com controlador YRC1000.

Comprometimento dos alunos com a aula: Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados, por meio dos questionamentos realizados de como poderiam proceder para resolver determinados problemas dentro da indústria.

Nesta terceira aula os participantes já tinham uma mínima noção do que é um robô articulado e um conhecimento inicial do funcionamento do controlador. Assim, a proposta deste encontro foi de alinhar os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores e somar a parte da linguagem de programação, mostrando suas características de leitura sequencial e como isso se relaciona com a criação ou edição de programas. Também foram criadas trajetórias nas quais os robôs devem realizar os movimentos pré-estabelecidos. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados aos temas.

No decorrer da aula, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através do conceito “Mão na massa”, sendo que através do auxílio do simulador e do controlador físico os alunos puderam pôr em prática o conhecimento adquirido. Neste momento, foi perceptível identificar que os principais interesses dos alunos era sobre as configurações das trajetórias, uma vez que no dia a dia dentro da empresa pequenos ajustes são necessários para o bom funcionamento das células de paletização.

Na Figura 6 é possível observar uma das equipes realizando a programação da trajetória proposta no simulador MotoSimEG-VRC.

Figura 6- Atividade de Programação de trajetória em simulador



Fonte: imagens da aula (2023)

Ao final da aula, identificou-se uma evolução dos participantes principalmente com relação ao tema linguagem de programação, sendo alcançado o objetivo deste encontro.

Encontro 4

Assuntos abordados: Lógicas de programação Yaskawa

- Utilização de blocos lógicos IF e IF-THEN para tomada de decisões;

Instruções de controle, como CALL e RET, JUMP*LABEL e *LABEL, JUMP JOB.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 24/09/23

Objetivo da aula: Introdução de blocos de programação e seu funcionamento na lógica de programação

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides e simulador MotoSimEG-VRC

Comprometimento dos alunos com a aula: Foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Nesta quarta aula o conhecimento inicial dos participantes era nulo. A proposta foi de promover os conceitos básicos de operação e linguagem robótica. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados aos blocos lógicos de tomada de decisão mais utilizados nas lógicas de programação na empresa em questão. Foi exemplificado o funcionamento de cada uma das lógicas em questão, mostrando este funcionamento na prática.

Após a explicação, foi analisado um programa de paletização padrão, igual ao utilizado na empresa, como é possível observar no Quadro 2. Na sequência, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através de exercícios práticos de alteração do programa padrão, para análise do funcionamento de acordo com a mudança dos parâmetros.

Quadro 2- Parâmetros Programa de Paletização Padrão

'INICIALIZACAO CALL JOB:INICIALIZA_VARIAVEIS *INICIO MOVJ C00000 VJ=100.00 CALL JOB:POS_INICIAL-ATUALIZA JUMP *PEGA_CX IFEXPRESS IN#(12)=ON ANDEXP IN#(1)=OFF ANDEXP B007<4 ANDEXP B000=1 CALL JOB:POS_INICIAL-ATUALIZA JUMP *ARMA_CX IFEXPRESS IN#(3)=OFF ANDEXP B000=1 ANDEXP IN#(13)=ON ANDEXP IN#(11)=ON JUMP *INICIO PAUSE 'ARMA CAIXA *ARMA_CX JUMP *CHK-CAR IF B001=0 *CARRO-OK MOVJ C00001 VJ=100.00 PL=0 MOVL C00002 V=1000.0 UNTIL IN#(9)=ON MOVL C00003 V=1000.0 UNTIL IN#(9)=ON *PALETIZA JUMP *CAMADA1 IF B002=1 JUMP *CAMADA2 IF B002=2 JUMP *CAMADA3 IF B002=3 JUMP *CAMADA4 IF B002=4 JUMP *CAMADA5 IF B002=5 PAUSE	*CAMADA1 JUMP *CX_1-1 IF B003=1 JUMP *CX_1-2 IF B003=2 JUMP *CX_1-3 IF B003=3 JUMP *CX_1-4 IF B003=4 JUMP *CX_1-5 IF B003=5 JUMP *CX_1-6 IF B003=6 JUMP *CX_1-7 IF B003=7 JUMP *CX_1-8 IF B003=8 JUMP *CX_1-9 IF B003=9 JUMP *CX_1-10 IF B003=10 JUMP *CX_1-11 IF B003=11 JUMP *CX_1-12 IF B003=12 PAUSE *CX_1-1 MOVJ C00050 VJ=100.00 MOVJ C00051 VJ=100.00 MOVJ P010 VJ=25.00 PL=0 DOUT OT#(2) OFF WAIT IN#(8)=OFF MOVJ C00052 VJ=12.50 MOVJ C00053 VJ=100.00 SET B002 1 SET B003 2 JUMP *INICIO PAUSE
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados por meio das trocas realizadas em sala de aula e a relevância do tema no ambiente industrial e em suas atividades diárias. Neste sentido, elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta quarta aula foi a simulação realizada. Assim, entende-se que foi alcançado o objetivo deste encontro.

Encontro 5

Assuntos abordados: Instruções e variáveis aritméticas

- Utilização de instruções aritméticas, como INC, DEC e SET;
- Manipulação de variáveis para cálculos e operações matemáticas.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 30/09/23

Objetivo da aula: o objetivo foi promover um conhecimento em relação às instruções aritméticas embarcadas na lógica de programação da Yaskawa.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô Yaskawa GP25 com controlador YRC1000.

Comprometimento dos alunos com a aula: Foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Nesta quinta aula a proposta foi de alinhar os conhecimentos prévios dos alunos com conceitos de instruções aritméticas, como INC, DEC e SET para a manipulação de variáveis. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados. Na sequência, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através de uma análise de um programa exemplo, como é possível verificar no Quadro 3. Neste momento, foi perceptível identificar os principais interesses dos alunos e os principais pontos a serem reforçados para nivelamento do nível de entendimento sobre o assunto.

Programa criado para melhor entendimento das lógicas de INC, DEC e SET.

Quadro 3- Análise de programa de lógicas de INC, DEC e SET

<pre> NOP CALL JOB:INICIALIZACAO *INICIO MOVL C00000 V=1000.0 DOUT OT#(2) OFF CALL JOB:ATUALIZA JUMP *TIRA_PC IFEXPRESS OT#(3)=ON ANDEXP B001=1 ANDEXP IN#(3)=ON JUMP *INICIO PAUSE *TIRA_PC SET B001 0 DOUT OT#(1) ON MOVL C00001 V=750.0 PL=0 JUMP *PILHA IFEXPRESS B000>0 MOVL P015 V=750.0 GETE D000 P015 (3) *PILHA SETE P016 (3) D000 MOVL P016 V=750.0 PL=0 GETE D000 P015 (3) </pre>	<pre> *PILHA SETE P016 (3) D000 MOVL P016 V=750.0 PL=0 ADD D000 7000 INC B000 JUMP *LIMPA IF B000=10 DOUT OT#(1) OFF DOUT OT#(2) ON JUMP *INICIO PAUSE *LIMPA WAIT T=0.40 GETE D001 P016 (3) SETE P017 (3) D001 MOVL P017 V=560.0 PL=4 DOUT OT#(1) OFF DOUT OT#(2) ON MOVL C00002 V=1000.0 DOUT OT#(2) OFF SET B000 0 JUMP *INICIO END </pre>
---	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta quinta aula foi a manipulação de variáveis, visto a importância deste conteúdo para o entendimento de como manipular variáveis da compreensão de um programa utilizado na indústria. Igualmente, despertou maior curiosidade dos alunos sobre o assunto, pois no momento da atividade de fixação do conteúdo foi possível evidenciar a evolução de entendimento de programas.

Encontro 6

Assuntos abordados: Programação de entradas e saídas:

- Configuração e utilização de dispositivos de entrada e saída;
- Integração de sensores e atuadores no programa do robô.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 07/10/23

Objetivo da aula: o objetivo foi demonstrar a programação e a atuação das entradas e saídas do controlador YRC1000 e sua utilização na programação.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô Yaskawa GP25 com controlador YRC1000.

Comprometimento dos alunos com a aula: Foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Nesta sexta aula a proposta foi de alinhar os conhecimentos prévios dos alunos com conceitos de programação de entradas e saídas. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados como se pode visualizar nas Figuras 7 a 10 a seguir, que contemplam a sistemática a ser adotada para a programação de entradas e saída em células de paletização. Na sequência, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através de atividade de programação destas entradas e saídas.

Figura 7- Instrução DIN

DIN (Entrada Digital)

A instrução DIN (Digital Input) é usada para verificar o estado de uma entrada. As informações de I/O são recebidas de um CLP, sensores ou qualquer outro dispositivo de entrada. Quando a instrução DIN é executada, o controlador verifica o estado de uma e executa o programa conforme o programado.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8- Instrução DOUT

DOUT OT#() Saída Digital

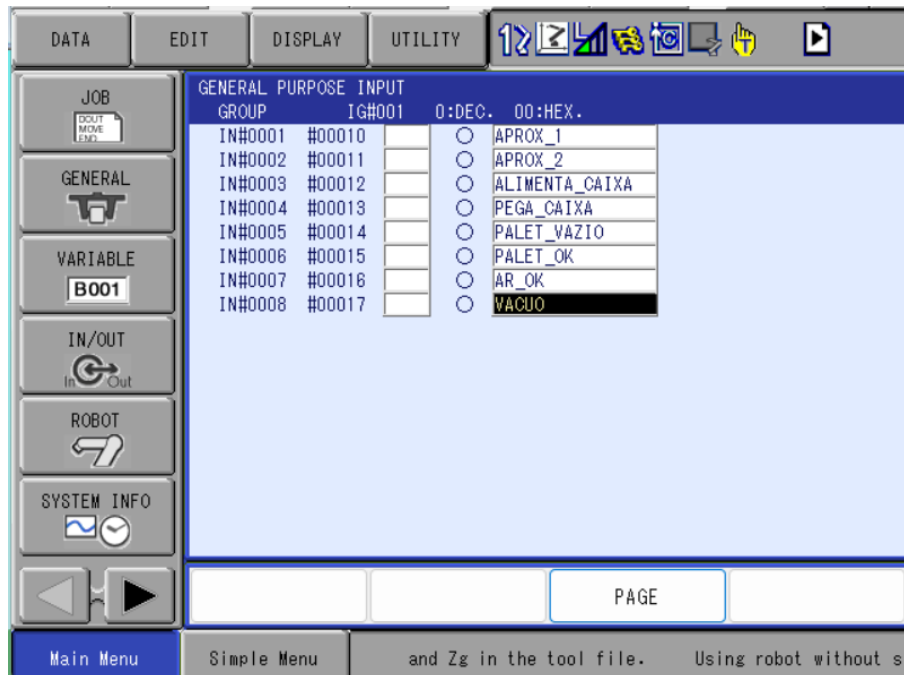
A instrução DOUT com a tag OT#() opera apenas uma saída universal. É utilizado a qualquer hora que um dispositivo, como uma lâmpada, grampo, garra, deve ser ligado ou desligado.

O exemplo abaixo mostra a função DOUT sendo utilizada com uma única saída universal (OT#):

```
0003 DOUT OT#(3)ON
0004 MOVL V=2000
0005 MOVL V=2000
0006 DOUT OT#(3)OFF
```

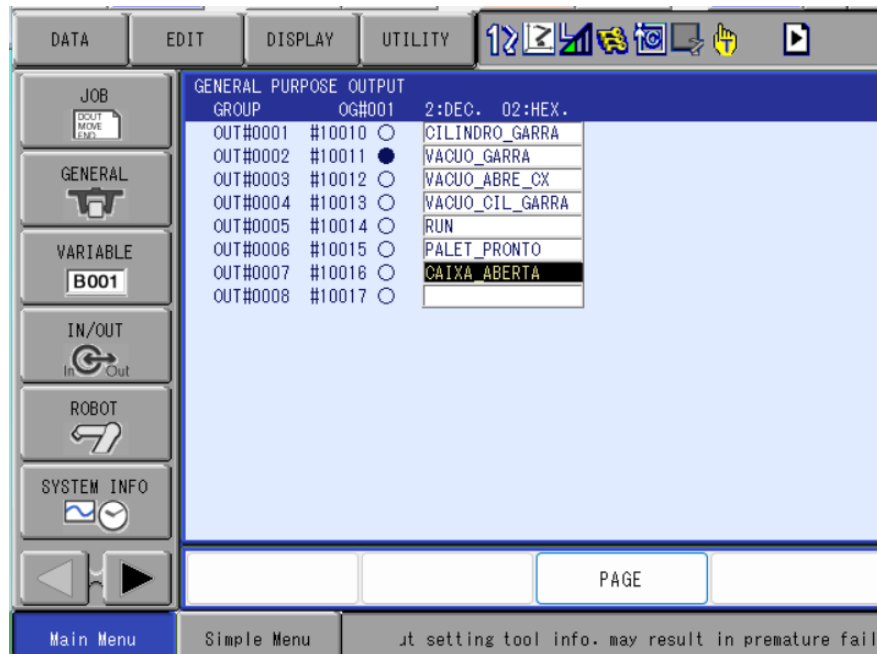
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 9- Programação de entrada digital



Fonte: Dados do robô (2023)

Figura 10 - Programação de saída digital



Fonte: Dados do robô (2023)

Ao final da aula, identificou-se uma evolução dos participantes principalmente com relação aos temas de programação e dados de entrada e saída, sendo alcançado o objetivo deste encontro.

Encontro 7

Assuntos abordados: Grupos de coordenadas:

- Utilização de grupos de coordenadas para facilitar a programação;
- Ajuste de trajetórias e posições utilizando grupos de coordenadas.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 14/10/23

Objetivo da aula: o objetivo foi demonstrar a movimentação do robô para diferentes grupos de coordenadas, sua programação e parâmetros.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô Yaskawa GP25 com controlador YRC1000.

Comprometimento dos alunos com a aula: Foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Nesta sétima aula a proposta foi de alinhar os conhecimentos prévios dos alunos com conceitos básicos dos grupos de coordenadas para a movimentação e programação de movimentos. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante dos principais conceitos relacionados, como a analogia de movimentação com regra da mão direita, conceitos de movimentação tipo junta e movimentação em coordenada cartesiana, como apresentado nas Figuras 11 a 13, que contemplam as principais características associadas.

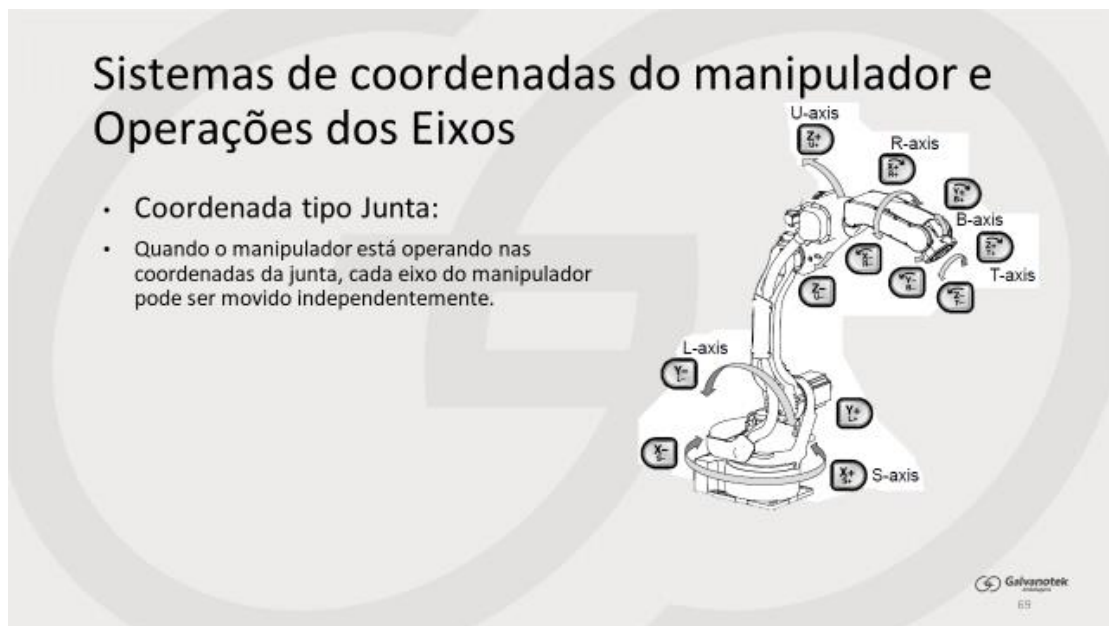
Na sequência, foram realizadas atividades para fixação de conteúdos, através de programação de movimentações, com aplicação dos tipos de movimentos estudados anteriormente e seus parâmetros. Neste momento, foi perceptível identificar os principais interesses dos alunos e os principais pontos a serem reforçados para nivelamento do nível de entendimento sobre o assunto.

Figura 11- Analogia de movimentação



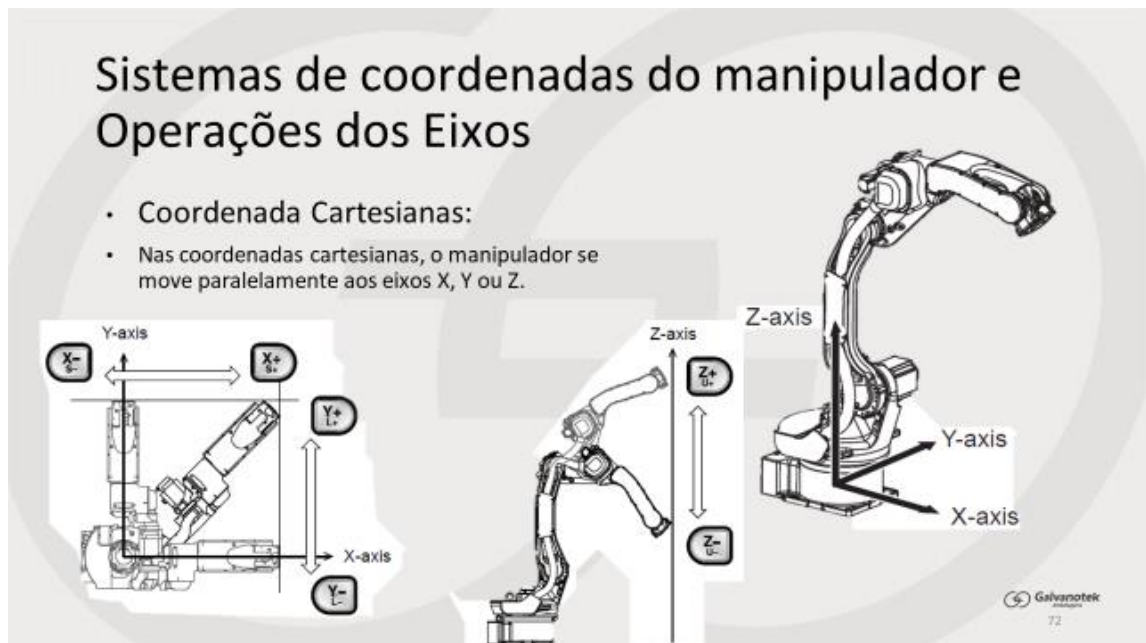
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 12-Sistema de coordenadas Tipo Junta



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 13- Sistema de coordenadas Tipo Cartesianas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados por meio das trocas realizadas em sala de aula e a relevância do tema no ambiente industrial e em suas atividades diárias. Neste sentido, elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta sétima aula foram os sistemas de coordenadas para a movimentação do robô, visto que esse assunto é um ponto chave para a programação em geral. Igualmente, despertou maior curiosidade dos alunos o assunto de movimentação linear, já que no momento das atividades foi questionado muito sobre a cinemática da movimentação do robô.

Encontro 8

Assuntos abordados: Atividade de criação de programa proposto

- Criar um programa seguindo pré-requisitos.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 28/10/23

Objetivo da aula: o objetivo foi promover um nivelamento dos conhecimentos prévios entre os participantes sobre o que foi aprendido com a programação realizada no decorrer das aulas.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados a sala de aula com o projetor, slides, simulador MotoSimEG-VRC e robô Yaskawa GP25 com controlador YRC1000 com ferramenta presa na sua extremidade.

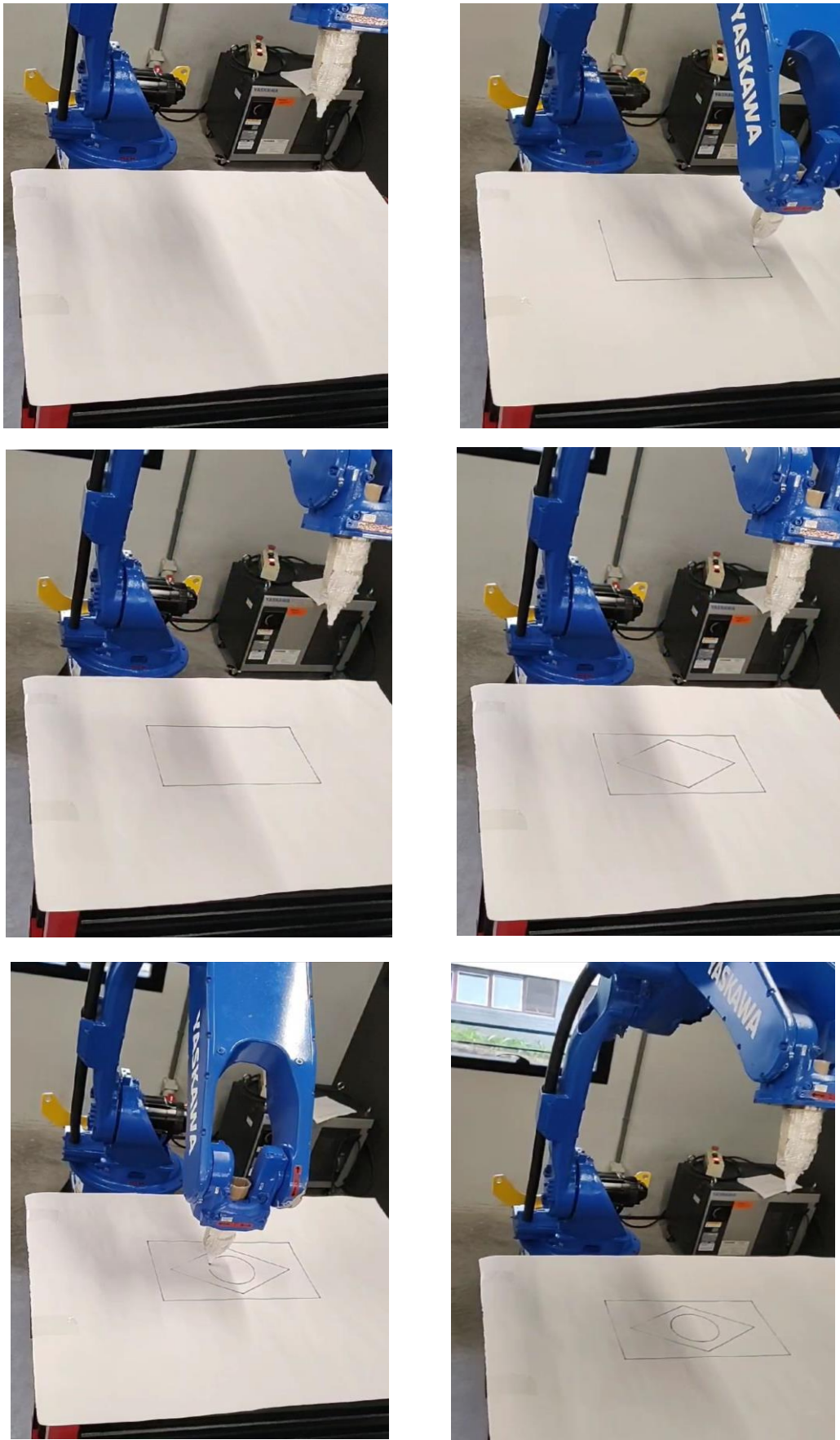
Nesta oitava aula a proposta foi de aplicar os conhecimentos adquiridos dos participantes com conceitos básicos de operação e linguagem robótica. Para tanto, foi realizada exposição pelo ministrante da atividade a ser desenvolvida que consta no APÊNDICE B. Na sequência, a turma foi dividida em grupos, assim um grupo utilizou o simulador e o outro grupo utilizou o robô instalado. Ambos desenvolveram os programas e testaram no robô, conforme apresentado nas Figuras 14 e 15, em que os participantes realizaram a atividade proposta.

Figura 14- Atividade de simulação de programação



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 15- Simulação de programação de robô



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Neste momento, foi perceptível identificar as principais dificuldades em relação a lógicas de programação e funções, mesmo que estas já haviam sido trabalhadas em sala de aula. Os alunos foram avaliados conforme critérios pré-definidos e desempenho apresentado no APÊNDICE C.

Do mesmo modo, pela avaliação realizada foi possível identificar os conteúdos de maior domínio por parte dos alunos, bem como os principais pontos de melhoria a serem intensificados durante o treinamento, principalmente com relação à modularidade e tratamento de erros, cujas médias de notas obtidas pelos participantes foram inferiores em comparação aos demais requisitos.

Encontro 9

Assuntos abordados: Integração e aplicação prática

- Aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em um cenário real de paletização;
- Solução de problemas e otimização do processo de paletização.

DIÁRIO DE BORDO

Data da realização da aula: 14/10/23

Objetivo da aula: o objetivo foi aplicar o conhecimento adquirido em sala de aula em uma situação real de paletização.

Recursos utilizados: para a aula foram utilizados os robôs Yaskawa GP25 com controlador YRC1000 instalados nas células de paletização.

Comprometimento dos alunos com a aula: Foi realizada com comprometimento e de forma individual.

Conhecimento inicial dos participantes: Nesse momento os participantes já possuíam conhecimento prévio sobre o assunto, visto que era a última aula e a dinâmica quanto à dificuldade que os funcionários encontram no dia a dia na empresa. Nesse momento houve diversos questionamentos, notando que cada um havia vivenciado situações diferentes e tinham ideias diferentes para a resolução dos problemas.

Nesta nona e última aula, o objetivo era aplicar o conhecimento adquirido ao longo do treinamento de robótica e aplicar no cenário real, ou seja, dentro da empresa, nas células de paletização existentes, conforme as Figuras 16 e 17, que retrata uma das formas de paletização na especificação técnica de produto e a paletização realizada na prática, respectivamente.

Figura 16- Informação técnica de paletização



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 17- Paletização no posto de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para a meta ser alcançada, foi realizada uma breve apresentação explicando a temática da aula e após houve o deslocamento para o setor produtivo, respeitando as normas da empresa e zelando pela segurança da turma. Ao chegar, a turma foi dividida em dois grupos, assim cada grupo tomou posse de uma célula de paletização. Estas células possuem robôs GP25 com controlador YRC100, assim foi possível simular a construção de um programa para paletização de um item novo e simular alguns problemas do cotidiano.

Destaca-se o interesse dos alunos sobre os conteúdos abordados por meio das trocas realizadas *in loco* já que um dos objetivos do treinamento é a relevância do tema no ambiente industrial e em suas atividades diárias. Neste sentido, elenca-se que o principal conteúdo de discussão desta última aula foi o desenvolvimento do programa de paletização, tendo como base um programa existente visto que para esse procedimento os alunos requerem de um conhecimento prévio em programação e movimentação de robôs.

Igualmente, despertou maior curiosidade dos alunos o assunto de resolução dos problemas, já que essa parte traz dinamismo para o setor em que os alunos trabalham, visto que muitos problemas poderão ser previstos, sanados ou, até mesmo, evitados pelos próprios alunos.

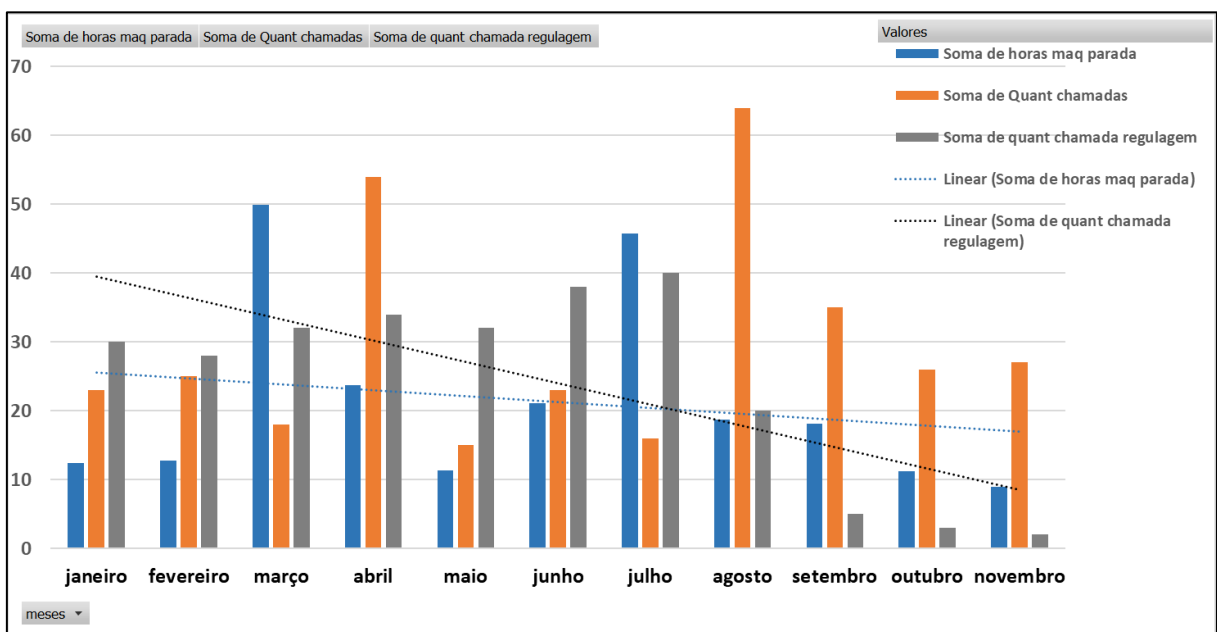
5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados identificados sob a perspectiva de melhoria dos processos da empresa foco do presente estudo e para os profissionais participantes.

5.1. RESULTADOS PARA A EMPRESA

Podem ser destacados os resultados relativos ao acompanhamento de indicadores de motivos de paradas de máquinas e horas antes e após a realização dos treinamentos para avaliar sua eficácia. Na Figura 18 são apresentados os resultados deste acompanhamento durante o período de janeiro a meados de novembro do ano de 2023.

Figura 18- Evolução de indicadores



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Neste gráfico podem ser analisados três indicadores. O primeiro se refere a soma por mês de horas de máquina parada devido a problemas relacionados a robô, sendo eles específicos do robô ou da integração robô célula de paletização, como quebra de: robô, mangueiras dos acionamentos pneumáticos, cabos de sensores, garra e regulagem que precisam da máquina parada. O segundo é relativo à soma por mês da quantidade de chamadas da equipe da manutenção devido à máquina

parada e o terceiro é a soma por mês de chamadas para regulagem de dos movimentos, mas que não precisa parar a máquina.

Pela análise da quantidade de horas de máquina parada é perceptível a avaliação de dois meses atípicos, março e julho. Nestes houve a quebra de dois robôs devido a erro de operação, cujo problema acarretou a troca dos robôs das células de paletização, somando assim uma maior quantidade de horas de máquina parada. Pela avaliação do período destacado, pode-se evidenciar uma leve melhora neste período.

Outro parâmetro diz respeito à quantidade de chamadas de mecânicos ou eletricitistas para resolver problemas relacionados à manutenção, com dois pontos de maior atenção: o primeiro é que após os meses de maior quantidade de horas de máquina parada, a quantidade de chamada aumenta, podendo ser atribuído ao maior nível de preocupação com as células para que problemas parecidos de erro de operação não ocorram e, com isso, resultou na média, um aumento deste indicador.

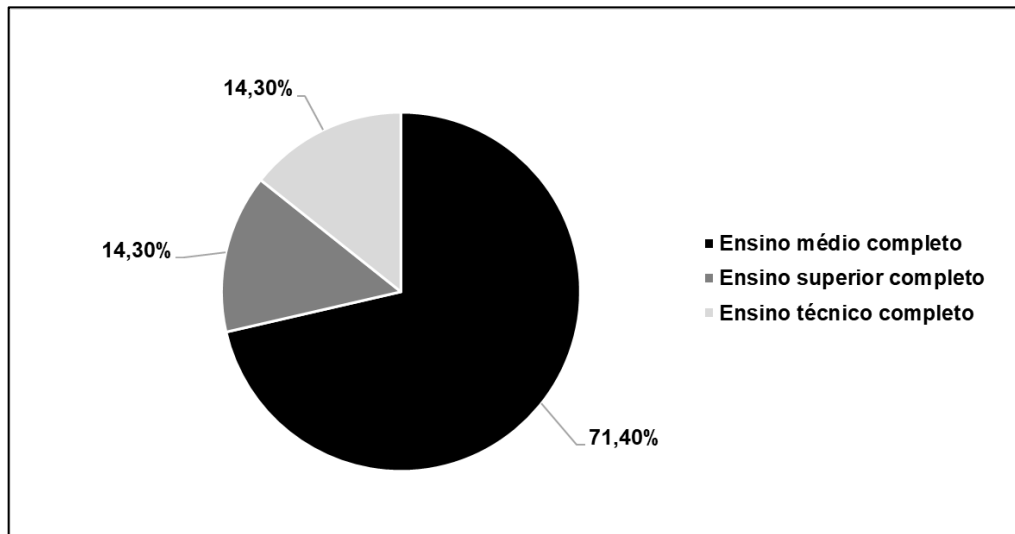
Já a soma de chamadas para problemas devido à regulagem que, precedente ao treinamento, era de atribuição exclusiva do setor de manutenção, pode-se avaliar uma diminuição acentuada após o treinamento, visto que essa era a área foco do treinamento.

5.2. RESULTADOS PARA OS FUNCIONÁRIOS

O treinamento proporcionou um avanço na aprendizagem dos participantes em relação às tecnologias empregadas na empresa. Desde o momento da escolha se notou um entusiasmo dos participantes por terem sido escolhidos. Outro ganho não mensurável foi o senso crítico em relação às automações ao pensar diferente no funcionamento das células, já que agora possuem conhecimentos mais aprofundados sobre o como é feito, possibilitando-lhes participar de decisões. Além disso, o possível crescimento profissional em uma área técnica com grande crescimento na empresa, que é a área de automação/integração de robôs, que demanda por profissionais qualificados é elevada.

Pode-se destacar ainda resultados relevantes obtidos pela aplicação do questionário aos participantes do treinamento (APÊNDICE D), com vistas a avaliar suas percepções sobre a evolução promovida pelo treinamento e seu nível de importância. Por meio dos resultados, é possível identificar com relação ao nível de escolaridade de maior predominância (5 funcionários) o ensino médio completo, conforme distribuição dos dados da Figura 19.

Figura 19- Nível de escolaridade dos participantes do treinamento

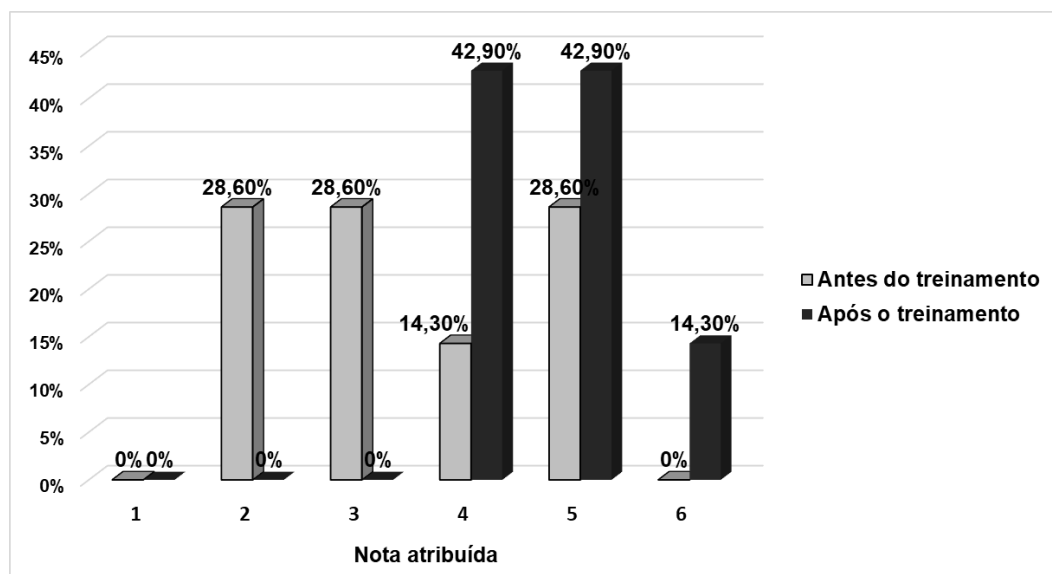


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Esta análise sugere um conhecimento mínimo dos funcionários sobre conceitos básicos em matemática e de conceitos mínimos que serão importantes para a compreensão de elementos ao longo das aulas.

No que diz respeito ao nível de conhecimento sobre o assunto robótica foram observados resultados comparativos precedentes e posteriores ao treinamento, conforme apresentados na Figura 20, em que é apresentada a distribuição das notas atribuídas pelos participantes para este quesito.

Figura 20- Evolução no conhecimento de robótica

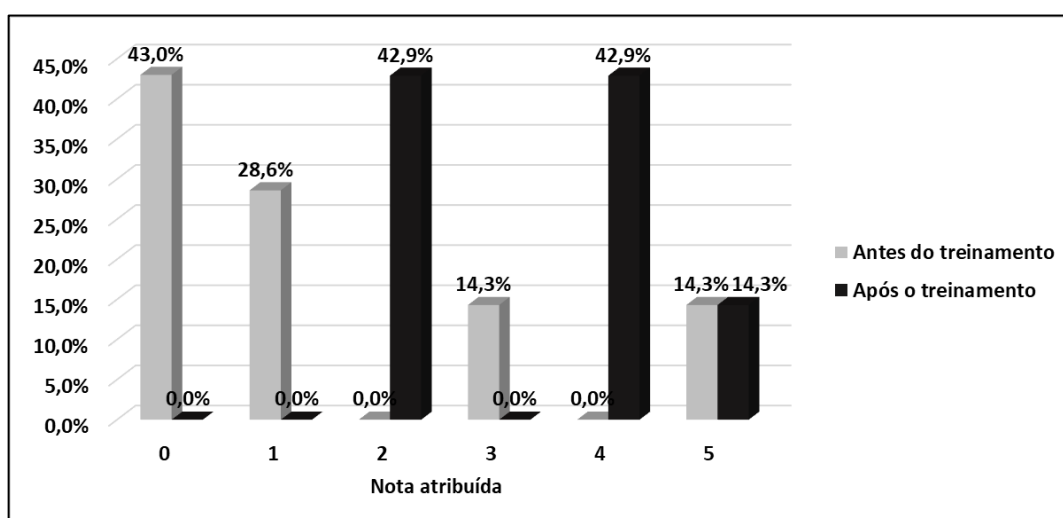


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da análise, é possível avaliar uma evolução significativa promovida pelo treinamento, sendo que antes do treinamento uma amostra de 57,2% dos participantes possuía um nível de conhecimento mínimo a intermediário sobre o conceito. Já após o treinamento, todos os resultados foram superiores ao nível intermediário, sendo inclusive identificado um funcionário que entende que após o treinamento obteve um conhecimento abrangente e avançado sobre o tema.

Na Figura 21 é apresentada a comparação entre o conhecimento inicial e após a participação do treinamento na percepção dos respondentes sobre o tema programação de robôs.

Figura 21- Evolução no conhecimento sobre programação de robôs



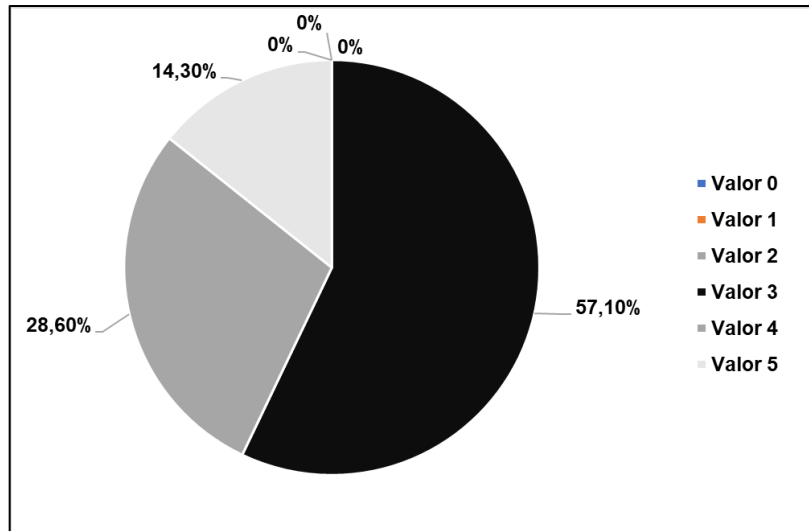
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Através da análise dos resultados, destaca-se que mesmo os participantes utilizando robôs em suas atividades diárias 3 funcionários não tinham nenhum conhecimento sobre o assunto programação antes do treinamento. Da mesma forma, aproximadamente 72% dos participantes enquadravam seu nível de conhecimento em extremamente baixo, enquanto que, após, treinamento não foram evidenciados valores de notas de 0 a 1 e foram evidenciados inclusive que após o treinamento 57,2% entendem que tiveram uma evolução de conceito próximo a amplo e abrangente.

Com base nos gráficos supramencionados é possível também identificar que o nível de conhecimento entre os participantes não é homogêneo, exigindo que conceitos básicos sejam alinhados no planejamento das aulas.

Na Figura 22 é possível identificar o nível de importância do conhecimento obtido com o treinamento de acordo com a opinião dos respondentes.

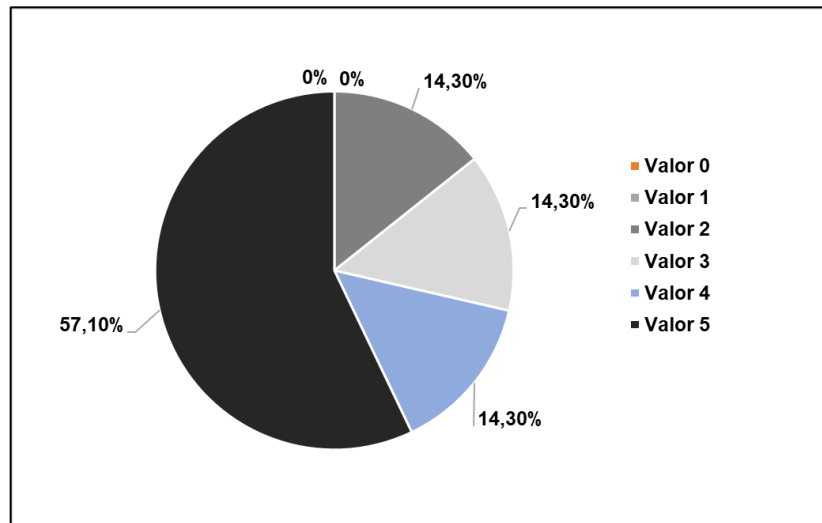
Figura 22- Percepção do nível de importância dos conhecimentos do treinamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir dos resultados, evidencia-se que, mesmo que ainda existam potenciais melhorias na resolução de problemas do cotidiano a serem implementadas, todos concordam que este conhecimento promovido pelo treinamento é relevante. O mesmo é possível evidenciar com base nos resultados apresentados no gráfico da Figura 23 que mensura este treinamento como essencial para o desenvolvimento de suas atividades com robôs na empresa.

Figura 23- Percepção do nível de importância do treinamento para a função

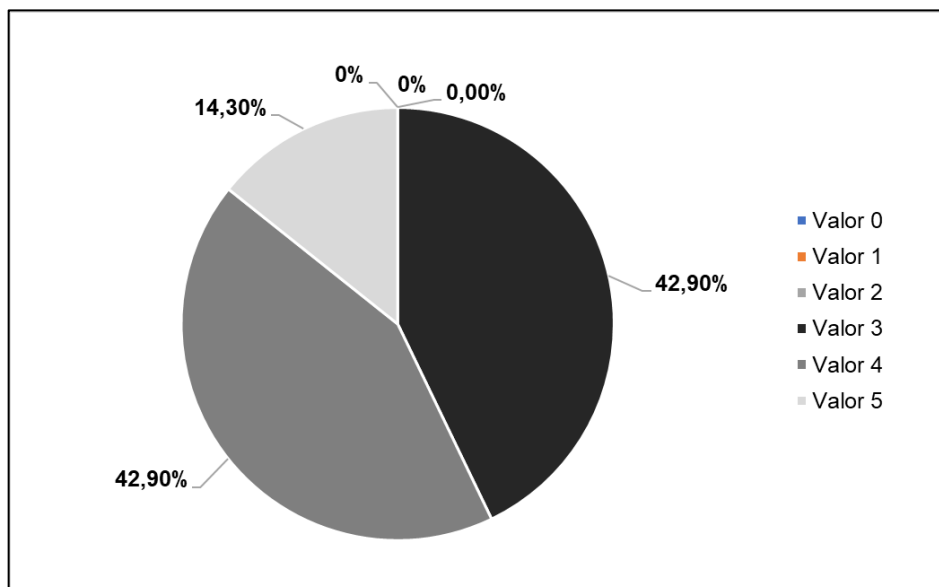


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Nesta análise é possível verificar que 71,4% dos participantes entendem como altamente importante este treinamento para o desempenho de suas atividades.

Por fim, pela análise da Figura 24 é possível evidenciar a percepção dos participantes sobre seu desempenho no treinamento.

Figura 24- Percepção sobre o desempenho no treinamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da análise é possível considerar que é unânime o entendimento que os participantes tiveram sobre seu desempenho, classificando-o como satisfatório

dentro dos objetivos traçados em cada aula, o que também é evidenciado pela não ocorrência de ausências durante a realização dos encontros. Pode-se concluir que estes que avaliaram seu desempenho como ótimo ou excelente tiveram maior facilidade para resolução dos problemas propostos e iniciativa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do trabalho realizado é possível identificar a relevância do ensino na robótica dentro das organizações que almejam um melhor aproveitamento dos investimentos em automação. Ainda se evidencia uma lacuna na qualificação da mão de obra disponível para lidar com a robótica, quer seja dentro dos contextos empresariais ou ainda por parte da captação no mercado de trabalho.

Neste sentido, destaca-se a relevância de estruturação de um programa de treinamento em robótica. Para isso, é importante reconhecer as melhores práticas de ensino que possam favorecer a compreensão dos aprendizados transmitidos, que foram realizados através da revisão bibliográfica, sendo trabalhados conceitos de teoria associada principalmente as práticas e ensino progressivo.

Também se identifica a importância de realizar um levantamento das demandas da empresa, os principais desafios vivenciados e os recursos disponíveis o que, neste caso, proporcionou um enfoque destas questões no planejamento do ementário das aulas ministradas, o que foi trivial para o alcance de um resultado satisfatório. Da mesma forma, pela avaliação do treinamento proposto foi possível evidenciar as principais dificuldades enfrentadas pelos participantes durante a operação com robôs em suas atividades que poderão servir de base para melhorar ainda mais o foco de treinamentos futuros.

Antes do treinamento, sempre que ocorria um problema na paletização relacionado ao robô, os facilitadores tinham que informar ao supervisor o problema e o mesmo entrar em contato com a manutenção para que fosse encaminhado o eletricitista responsável, sendo esse processo demorado e acarretando elevado tempo de máquina parada. Posterior à realização do treinamento, o próprio funcionário consegue atuar nesses problemas relacionados a robô, de forma eficiente e segura, tendo uma redução deste tempo e, em contrapartida, aumento da produtividade.

Além disso, destaca-se por meio desta avaliação, a importância de disseminação de conhecimento, melhorando o desempenho da organização de acordo com os resultados evidenciados. Isso se justifica principalmente através do aumento de disponibilidade dos equipamentos para a produção, da autonomia das decisões de regulagens dos robôs quando necessário, a redução de demandas ao setor de manutenção e, conseqüentemente, agilidade na redução dos problemas associados com a robótica, entre outros.

Outro ponto a ser destacado se refere a importância de definição de indicadores-chave para mensurar a eficácia do processo de treinamento. Destaca-se esta definição como fundamental para o monitoramento da evolução das práticas de treinamento e serve como base para apresentar as principais oportunidades de melhorias para a estruturação de programas futuros. Ressalta-se que os indicadores definidos foram fundamentais para inferir que a proposta do treinamento foi eficaz para a organização e funcionários.

Assim, a estruturação de um programa de treinamentos interno por parte das empresas se demonstrou satisfatória conforme avaliação realizada, uma vez que além de trabalhar conceitos básicos em robótica e programação, trouxe à tona as necessidades específicas da empresa, sendo o treinamento focado principalmente em suas demandas, propiciando melhores resultados.

Ao mesmo tempo, a captação de talentos dentro da própria organização, mesmo que sem formação acadêmica, favorece a motivação dos colaboradores pela busca do conhecimento e em crescimento a longo prazo dentro da empresa e propicia a estes a capacidade de execução de tarefas mais técnicas dentro da empresa, agregando valor ao seu trabalho e ao desempenho da organização. Logo, entende-se que os objetivos traçados foram atingidos em sua totalidade e satisfatoriamente.

6.1. LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As limitações de um programa de treinamento interno são muitas, uma vez que cada empresa tem necessidades específicas. Outra limitação que foi constatada é o número de robôs disponíveis para o treinamento, que no momento é 1.

Para trabalhos futuros, sugere-se estudar outros modelos de treinamentos para aprimorar os conhecimentos na área da robótica, sendo eles:

Explorar a possibilidade de oferecer treinamento especializado em linguagens de programação específicas para robótica para capacitar os funcionários a lidar com sistemas robóticos de maneira mais eficiente.

Desenvolver ambientes virtuais de simulação que permitam aos funcionários praticar e aprimorar suas habilidades em um ambiente seguro antes de lidar com robôs reais pode auxiliar na redução de riscos e melhoria da confiança.

Criação de um segundo módulo de treinamento de robótica, mas desta vez com foco em programações em outras aplicações da empresa, como manuseio de

peças, já que nessas automações, para cada caso existe uma integração diferente da outra, considerando o tipo de máquina instalada e seus periféricos.

REFERÊNCIAS

A VOZ DA INDÚSTRIA. **Robótica industrial: principais aplicações e vantagens.** 2019. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/inovacao/robotica-industrial-principais-aplicacoes-e-vantagens>. Acesso em: 18 jul. 2023.

BASTOS FILHO, T. F. **Aplicação de robôs nas indústrias.** Universidade Federal do Espírito Santo, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Teodiano-Freire/publication/266069182_Aplicacao_de_Robos_nas_Industrias/links/55f7439f08aeba1d9ef613ad/Aplicacao-de-Robos-nas-Industrias.pdf. Acesso em: 20 jul. 2023.

BUDIN, D. D.; LOPES, A. M. Z. **A indústria 4.0 e os desafios para a capacitação profissional.** Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 7, n. 02, p. 88-97, 2019.

CARRARA, V. **Introdução à robótica industrial.** 2015. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <https://maiscursoslivres.com.br/cursos/introducao-a-robotica-apostila02.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CARVALHO, J. A. D. de; GRECHI, Roberto. **Metodologias de Ensino em Robótica Industrial e proposta de aprendizagem vivencial.** 2008. Disponível em: <https://www.abcm.org.br/anais/conem/2008/pdf/CON08-0118.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Indústria 4.0: Segmentos ou nichos com maior potencial para o desenvolvimento tecnológico nacional,** 2022. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/cgee_sdt31_ind40_des_tec_nac.pdf/dc4ecab0-cec6-4b01-9b36-168965df938d?version=1.1. Acesso em: 20 jun. 2023.

CESAR, D. R. **Robótica pedagógica livre: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento.** Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/16087..> Acesso em: 02 jul. 2023.

CRAIG, John J. **Robótica.** São Paulo: Pearson, 2012.

FABRÍCIO, P. R. de A. Monteiro; NETO, O. E. da C.; ANDRADE, E. L. de S. **Utilização da robótica na educação.** Uma Realidade no Município de Solânea-PB. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISEp, p. 857-860, 2014.

FRASKA, G. E.; BRUNO, D. R. **Automação: introdução à robótica industrial.** v. 18, n. 2, 2021. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i2.1244>. Acesso em: 18 jun. 2023.

FENERICK, J. A.; VOLANTE, C. **A evolução das indústrias, os benefícios da automação e as perspectivas do mercado da robótica no Brasil e no mundo.** Interface tecnológica: São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/805/510>. Acesso em: 07 jul. 2023.

FONTANIVE, R. et al. **Desenvolvimento de ferramentas didáticas para serem aplicadas em robô industrial.**

IMBERNON, R. A. L. et al. **Experimentação e interatividade (hands-on) no ensino de ciências: a prática na práxis pedagógica.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 4, n. 1, p. 74-85, 2009.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTIC STATISTICAL DEPARTMENT. **Executive Summary WR Industrial Robots 2022.** VDMA Services GmbH, Frankfurt, Alemanha. Disponível em: <https://ifr.org/img/worldrobotics/Editorial_WR_Industrial_Robots_2022.pdf> Acesso em mai. 2023;

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **IFR presentes World Robotics 2021 reports.** Alemanha, 2021. Disponível em: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>. Acesso em: 18 jul. 2023.

PELOSO, A. C.; YONEMOTO, H. W. **Atração, desenvolvimento e retenção de talentos.** V. 6, n. 6, 2010. Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/2525>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PINTO JÚNIOR, S.; MENEZES, B. F. **Protótipo de um sistema robótico industrial para utilização como equipamento didático para fins pedagógicos.** In: IV Workshop de Micro-ondas, São Paulo. 2017.

MAISONNETTE, R. **A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina: a robótica educativa.** In: Proinfo – Programa Nacional de Informática na Educação – Paraná. Disponível em: www.proinfo.gov.br. Acesso em: 08 mar. 2019.

MATARIC, M. J. **Introdução à robótica.** Editora Blucher, 2014. E-book. ISBN 9788521208549. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521208549/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

OMRON Automação. **Quatro principais benefícios dos robôs relacionados à segurança.** 2020. Disponível em: <<https://automation.omron.com/pt/br/blog/safety-benefits-of-robots>>. Acesso em: 10 jun. 2023

QUINTINO, L. F. et al. **Automação robótica em indústrias – evolução tecnológica e competitividade.** XXII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, p. 1-10, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/cesar-augusto-della-piazza/publication/305680422_automacao_robotica_em_industrias_-_evolucao_tecnologica_e_competitividade/links/5798d50508aeb0ffc08bc2e/automaacao-robotica-em-industrias-evolucao-tecnologica-e-competitividade.pdf. acesso em 20 jul. 2023.

REDAÇÃO MUNDO RH. **Empresas enfrentam desafios na contratação de profissionais de tecnologia.** 2022. Disponível em:

<<https://www.mundorh.com.br/empresas-enfrentam-desafios-na-contratacao-de-profissionais-de-tecnologia/>> Acesso em jun. 2023;

REZENDE, L. M. T. de; TOLEDO, M. E. R. de O.; SANTOS, A. P. M. dos; et al. **Introdução aos Processos Educacionais e Prática Pedagógica**. 2021. E-book. ISBN 9786556902500. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902500/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

ROMANO, V. F.; DUTRA, M. S. **Introdução à robótica industrial**. p. 1-21. 2002. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6639997-Capitulo-1-introducao-a-robotica-industrial-vitor-ferreira-romano-e-max-suell-dutra.html>. Acesso em: 03 ago 2023.

SANTOS, V. M. F. **Robótica Industrial**. Universidade de Aveiro, p. 1-166. 2004. Disponível em: http://lars.mec.ua.pt/public/LAR%20Projects/Humanoid/2013_EmilioEstrelinha/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Em%C3%ADlio_Estrelinha/Datasheets/RoboticalIndustrial-Sebenta2003-2004-v2a.pdf. Acesso em: 22 jul. 2023.

SANTOS, W. E. dos; GORGULHO JÚNIOR, J. H. C. **Robótica Industrial - Fundamentos, tecnologias, programação e simulação**. 1ª ed; 2014.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Robótica avançada: entenda o que é isso e o cenário brasileiro**. disponível em: <<https://www.sesirs.org.br/industria-inteligente/robotica-avancada-entenda-o-que-e-isso-e-o-cenario-brasileiro>> Acesso em jun. 2023

SILVA, A. da, et al. **Robótica na Indústria atual**. FER/AEDB, 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/8202.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SOARES, R.; LUCATO, A. V. R. **Robótica colaborativa na indústria 4.0, sua importância e desafio**. Interface tecnológica: São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1298/734>. Acesso em: 07 jul. 2023.

SOUZA, R. R. de L. et al. **A importância da capacitação e requalificação contínua do administrador para o alcance da valorização no mercado de trabalho atual frente à indústria 4.0**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 10, Vol. 09, pp. 35-45. 2022. Disponível em: DOI: 1.32749/nucleodoconhecimento.com.br/administracao/capacitacao-e-requalificacao. Acesso em: 16 jul. 2023.

SUTIL, F. C. S.; GONÇALVES, J. C. **A importância da gestão de treinamentos em uma indústria de papel e celulose**. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/0c17f-sutil,-fabiano-cleres-de-souza.-a-importancia-da-gestao-de-treinamentos-em-uma-industria-de-papel-e-celulose.-tcc-2,-2021_1..pdf> Acesso em jun. 2023

UNIVERSAL ROBOTS BRASIL. **Linha de produção robotizada: principais vantagens para as indústrias**. Disponível em: <<https://www.universal->

robots.com/br/blog/linha-de-produc%C3%A3o-robotizada-principais-vantagens-para-as-ind%C3%BAstrias/> Acesso em: 10 jun. 2023

UNIVERSAL ROBOTS BRASIL. **Repensando a relação homem X máquina.** 2020. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/repensando-a-relac%C3%A3o-homem-x-m%C3%A1quina/>. Acesso em: 14 jul. 2023.

UNIVERSAL ROBOTS BRASIL. **Robótica avançada: o que é, benefícios e principais aplicações.** 2023. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/rob%C3%B3tica-avancada-o-que-%C3%A9-benef%C3%ADcios-e-principais-aplicac%C3%B5es/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

VELLO, A. C. P.; VOLANTE, C. R. **O conceito de indústria 4.0 e os principais desafios de sua implementação no Brasil.** Interface tecnológica: São Paulo, v. 16, n.2, p. 325-336, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/686/435>. Acesso em: 07 jul. 2023.

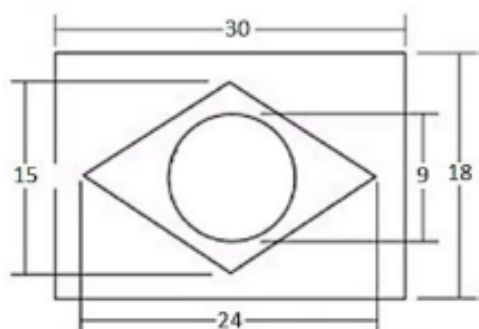
APÊNDICES**APÊNDICE A- Desempenho dos participantes em atividades**

Funcionário:	Nota:
Funcionário 1	88
Funcionário 2	100
Funcionário 3	84
Funcionário 4	100
Funcionário 5	94
Funcionário 6	94
Funcionário 7	88

APÊNDICE B- Atividade de programação de robôs

Desafio

Execute um programa que desenhe a bandeira do Brasil e utilize um JOB para criar cada uma das formas geométricas: Retângulo, Losango e Círculo.



MEDIDAS EM CENTÍMETROS

Tarefa:

Robô deve sair de uma posição inicial (HOME), definida pelo grupo;

Executar a aproximação para o desenho da bandeira sempre que for acionada uma entrada específica, exemplo, entrada 1 para o retângulo, 2 para o losango...;

Seguir a programação de modo que um programa principal chama um programa da forma geométrica.

Requisitos:

A cada forma geométrica desenhada, o robô deve voltar a posição de HOME;

Robô deve desenhar a bandeira completa;

Após a finalização do desenho da bandeira, o robô deve retornar à posição de início (Home) e só voltar a fazer o desenho novamente se o mesmo receber uma entrada como sendo o reset.

APÊNDICE C- Ficha de análise

Critério Avaliado:	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7
Funcionalidade:							
Avaliar se o robô atende aos requisitos funcionais especificados no exercício.	10	10	10	10	10	10	10
Legibilidade do Código:							
Verificar a clareza e legibilidade do código-fonte, facilitando a compreensão por outros programadores.	10	7	8	8	10	9	8
Modularidade:							
Avaliar se o código está dividido em módulos ou funções coesas, facilitando a manutenção e reutilização.	9	7	7	7	8	7	7
Tratamento de Erros:							
Verificar a presença de mecanismos de tratamento de erros que melhorem a robustez e estabilidade do robô.	8	7	7	7	7	7	7
Boas Práticas de Programação:							
Analisar se o código segue as boas práticas de programação, como uso de nomes significativos, indentação adequada e comentários informativos.	10	10	10	10	10	10	10
Desempenho:							
Analisar o desempenho do robô em cenários específicos, considerando fatores como velocidade, precisão e capacidade de lidar com situações adversas.	8	6	7	7	9	8	6
Portabilidade:							
Verificar se o código é facilmente adaptável a diferentes ambientes ou plataformas, se aplicável.	9	8	8	8	9	9	7
Segurança:							
Avaliar se o robô incorpora práticas de segurança.	9	7	8	7	8	8	6
Escalabilidade:							
Analisar a capacidade do código para escalar e lidar com um aumento no volume de dados ou complexidade das tarefas.	9	8	8	9	9	9	8
Integração com Sensores/Atuadores:							
Verificar a capacidade do robô de interagir efetivamente com sensores e atuadores conforme especificado no exercício.	10	10	10	10	10	10	10

APÊNDICE D- Questionário

1. Qual é seu grau de escolaridade?

- Ensino Médio completo
- Ensino Técnico incompleto
- Ensino Técnico completo
- Ensino Superior incompleto
- Ensino Superior completo

2. Em uma escala de 0 a 5, QUAL SERIA O SEU NÍVEL DE FAMILIARIDADE OU CONHECIMENTO NA ÁREA DE ROBÓTICA **ANTES** DO TREINAMENTO? Considere 0 como ausência total de conhecimento e 5 como um conhecimento abrangente e avançado.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

7. Em uma escala de 0 a 5, QUAL SERIA O SEU NÍVEL DE FAMILIARIDADE OU CONHECIMENTO NA ÁREA DE ROBÓTICA **DEPOIS** DO TREINAMENTO? Considere 0 como ausência total de conhecimento e 5 como um conhecimento abrangente e avançado.

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4) Em uma escala de 0 a 5, QUAL SERIA O SEU NÍVEL DE FAMILIARIDADE OU CONHECIMENTO NA ÁREA DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÔS **ANTES** DO TREINAMENTO? Considere 0 como ausência total de conhecimento e 5 como um conhecimento abrangente e avançado.

() 0

() 1

() 2

() 3

() 4

() 5

5) Em uma escala de 0 a 5, QUAL SERIA O SEU NÍVEL DE FAMILIARIDADE OU CONHECIMENTO NA ÁREA DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÔS **DEPOIS** DO TREINAMENTO? Considere 0 como ausência total de conhecimento e 5 como um conhecimento abrangente e avançado.

() 0

() 1

() 2

() 3

() 4

() 5

6) AO AVALIAR O NÍVEL DE IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO ADQUIRIDO DURANTE O TREINAMENTO EM UMA ESCALA DE 0 A 5, onde 0 representa ausência total de conhecimento e 5 demonstra um conhecimento abrangente e avançado, podemos contextualizar da seguinte forma:

() 0: Ausência total de conhecimento; nenhum impacto ou contribuição

() 1: Conhecimento mínimo; presença de informações básicas, mas com limitada aplicação prática.

() 2: Conhecimento básico; entendimento inicial com aplicação restrita a situações simples.

() 3: Conhecimento intermediário; boa compreensão mas com algumas limitações.

() 4: Conhecimento avançado; compreensão sólida e aplicação eficaz em desafios.

() 5: Conhecimento abrangente e avançado; domínio completo, com a capacidade de enfrentar desafios e contribuir de maneira significativa

7) Em uma escala de 0 a 5, COMO VOCÊ AVALIA O SEU DESEMPENHO NO TREINAMENTO DE ROBÓTICA? Considere 0 como péssimo desempenho e 5 como um excelente desempenho.

() 0

() 1

() 2

() 3

() 4

() 5

8) Em uma escala de 0 a 5, VOCÊ CONSIDERA ESSE TREINAMENTO ESSENCIAL PARA SEU DIA A DIA NA EMPRESA? Considere 0 como nenhuma relevância e 5 como extrema importância.

() 0

() 1

() 2

() 3

() 4

() 5