

## DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM PROJETOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0

**Mariana A. Aguiar-Furucho** – marianafurucho@utfpr.edu.br

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, DAELT - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Grupo de Estudos em Engenharia, Neurociências e Sistemas Bioinspirados (GENeSis)

Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças

80230-901 – Curitiba - PR

**Bruno S. da Silva** – bruno.2014@alunos.utfpr.edu.br

**Fabiane Lisovski** – fabilisovski@gmail.com

**Renata C. Ribeiro** – renatar@alunos.utfpr.edu.br

**Rogério A. Furucho** – rogerio.akira@ifsp.edu.br

IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, DEL - Diretoria de Elétrica

Grupo de Estudos em Engenharia, Neurociências e Sistemas Bioinspirados (GENeSis)

Rua Pedro Vicente, 625 - Canindé

01109-010 – São Paulo – SP

**Resumo:** O profissional de engenharia precisa desenvolver múltiplas competências que o torne apto a solucionar os desafios propostos pela indústria e pela sociedade. A capacidade de unir os conhecimentos tradicionais da área com as tecnologias disruptivas da Indústria 4.0 como a Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Manufatura Aditiva, constitui uma habilidade indispensável para a diferenciação do egresso da área de automação e controle. Uma das formas do aluno adquirir essas competências e desenvolver habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico, raciocínio analítico, trabalho em equipe e tomada de decisão essenciais para o atendimento das demandas profissionais e das necessidades do mercado se dá através da realização de projetos reais e práticos dentro de empresas com orientação e supervisão de profissionais e professores que propiciem um ambiente de aprendizagem ativa orientado a metas e resultados. Assim, o objetivo desse trabalho é apresentar um estudo de caso do desenvolvimento de competências necessárias à Indústria 4.0 de alunos do curso de engenharia elétrica da UTFPR na célula de produção da brunidora da Robert Bosch Ltda., uma fornecedora de peças automotivas localizada em Curitiba-PR, em que foi aplicada a metodologia de aprendizagem significativa baseada em projetos. A aplicação dos conhecimentos específicos da área de controle e automação e o desenvolvimento de competências alinhadas às demandas da Indústria 4.0 têm contribuído para o empoderamento pessoal, valorização profissional e aumento da empregabilidade dos discentes. Espera-se que esse trabalho sirva como orientação para a formação de competências em Inteligência Artificial de engenheiros no contexto da Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Inteligência Artificial. Controle e automação. Competências profissionais. Aprendizagem significativa baseada em projetos.

## 1 INTRODUÇÃO

O fim da Segunda Guerra Mundial, na metade do século XX, trouxe mudanças em setores sociais, econômicos e, concomitantemente, nos processos de produção. Nesse contexto, podemos destacar a terceira revolução industrial ou revolução técnico-científico-informacional, onde tecnologias foram desenvolvidas com o intuito de diminuir a participação humana no meio produtivo e assim, ceder esses espaços às máquinas (COELHO, 2016). Para isso, no início da década de 70, observou-se o surgimento da aplicação da automação através da eletrônica, robótica e programação, consolidando a Indústria 3.0 juntamente com a evolução de sistemas digitais e com a estruturação das tecnologias de informação e comunicação (TIC) (ZANCUL, 2016). Essa integração de processos, máquinas e pessoas contribuiu para o surgimento do sistema Toyota de produção, aprimorando, além da técnica construtiva e de manutenção, estudos aprofundados sobre o mercado e suas demandas (ZAWADZKI; ZYWICKI, 2016).

Atualmente a sociedade vivencia a quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0, onde máquinas e a internet passam a ser integradas a partir de conhecimentos físicos, digitais e também biológicos (ABDI; BRASIL, 2019).

A quarta revolução industrial surgiu na Alemanha em meados de 2013 como uma forma do governo alemão firmar o país na liderança da tecnologia industrial e na competitividade global (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). O tema foi alavancado por meio da "Feira de Hannover", a maior feira de tecnologia industrial. O projeto *Industrie 4.0*, como foi oficialmente chamado, dava as diretrizes de como implementar esse novo conceito na indústria atual. Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), o termo significa “uma realidade em que as redes globais são estabelecidas pelas empresas sob a forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (*CyberPhysical Systems*, CPS) que incorporam máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção que são capazes de trocar informação e cooperar de forma autônoma através da Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT) desencadeando ações e controlando uns aos outros de forma independente”.

Entre as tecnologias da Indústria 4.0 podemos citar, entre outras, a manufatura aditiva, na qual peças podem ser montadas com uma impressora 3D, a IoT, que possibilita a comunicação de objetos físicos por meio da internet, e os Sistemas Ciber-Físicos, que criam uma réplica digital de todos os objetos físicos da empresa. A tecnologia da Indústria 4.0 mais comentada e talvez a mais complexa é a Inteligência Artificial (IA). Segundo Pereira (2019), a IA pode ser caracterizada por quatro sistemas: os que pensam (1º) e os que agem (2º) como humanos, e os que pensam (3º) e agem (4º) logicamente.

A Inteligência Artificial pode contribuir positivamente de diversas formas para a indústria. Uma delas é através da redução de erros, pois algoritmos devidamente desenvolvidos e treinados tendem a alcançar erros muito baixos quando comparados aos registrados pelas atividades humanas. Outro fator de contribuição é a redução de custos, que pode ser obtida através do uso de robôs computacionais que fazem uso de técnicas de IA, como os utilizados em atendentes eletrônicos (Unidade de Resposta Audível, URA) e robôs computacionais, alocando os humanos em atividades mais complexas e que demandem características ainda não completamente desenvolvidas pelas máquinas, como criatividade, relacionamento interpessoal, etc. (A VOZ DA INDÚSTRIA, 2018).

Particularmente para o cenário brasileiro, quando o país atingir o nível de maturidade tecnológica para migrar suas indústrias do cenário 3.0 para o 4.0, haverá uma redução de custos anuais da ordem de R\$ 73 bilhões devido ganhos de eficiência, economia de energia e redução de custos de manutenção (ABID; BRASIL, 2019).

O governo brasileiro instituiu uma iniciativa chamada “Agenda brasileira para a Indústria 4.0: o Brasil preparado para os desafios do futuro” que, em união com entidades e órgãos civis

e governamentais, pretende lançar um plano de ação para que o país consiga retomar o crescimento industrial através da implantação do paradigma da Indústria 4.0. Para que o país alcance as expectativas declaradas nessa agenda, a educação em áreas tecnológicas, particularmente na engenharia, precisa criar e estabelecer metodologias que auxiliem seus discentes a desenvolverem as competências necessárias ao futuro profissional inserido no cenário da Indústria 4.0 (ABID; BRASIL, 2019).

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso do desenvolvimento de competências necessárias ao futuro profissional inserido no cenário da Indústria 4.0 em um ambiente real da empresa multinacional Robert Bosch Ltda., localizada na cidade de Curitiba-PR, fornecedora de peças automotivas, através da inserção de três alunos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) na metodologia de aprendizagem significativa baseada em projetos. Convém destacar que este estudo de caso está ainda em desenvolvimento; outras atividades, extensões e aprimoramentos deste trabalho continuam a ser implementadas.

Um objetivo adicional deste estudo é que o mesmo possa ser utilizado por professores, alunos e profissionais da área de Automação como um 'pequeno e simplificado guia' contendo algumas etapas normalmente necessárias ao desenvolvimento e aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial em equipamentos eletroeletrônicos sensorizados presentes no ambiente industrial. Com isso espera-se poder contribuir com os desafios inerentes ao caminho do desenvolvimento da Indústria 4.0 no cenário brasileiro.

O projeto em questão visa desenvolver uma solução computacional baseada em Inteligência Artificial para auxiliar na manutenção preditiva de equipamentos eletroeletrônicos através da detecção e diagnóstico de falhas. Uma vez que a solução baseada em Inteligência Artificial, aplicada e validada, transforma uma máquina pertencente ao escopo da Indústria 3.0 para o nível da Indústria 4.0, os alunos precisam desenvolver habilidades que englobam desde a análise do parque de equipamentos disponíveis na empresa (para verificar qual apresenta melhor viabilidade técnica) até o desenvolvimento, implementação, testes e validação em campo.

Convém destacar que esse projeto foi possível graças à contribuição e visão da empresa parceira que permitiu aos alunos desenvolverem um projeto prático, real e aplicado, que une as disciplinas de Fundamentos de Inteligência Artificial, Estágio Supervisionado e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Essa abordagem integradora também corrobora com a visão holística fundamental para a educação na engenharia.

## 2 DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

### 2.1 Aprendizagem significativa baseada em projetos

Os principais sistemas educacionais, incluindo o finlandês, adotam o modelo de aprendizagem significativa baseada em projetos ou problemas (*project-based learning*, *problem-based learning*), onde os estudantes conduzem seu próprio aprendizado aprendendo, na prática, a buscar, eles mesmos, com a mediação dos professores, as soluções para os seus problemas por meio da investigação, reflexão, análise crítica, imaginação e criatividade (MEC, 2018).

Os projetos são tarefas complexas, baseadas em problemas desafiadores, que envolvem os estudantes em atividades de gerenciamento de projeto, solução de problemas e tomada de decisões; proporcionando-lhes a oportunidade de trabalhar de maneira relativamente autônoma e em colaboração em soluções reais (BELL, 2010). No processo de resolução do problema, os

alunos investigam causas, elaboram e testam hipóteses, formulam e resolvem problemas e criam soluções com base nos conhecimentos novos e existentes (MEC, 2018).

Em síntese, esta abordagem promove a criatividade, o pensamento crítico e a prática social, encorajando os alunos na resolução de problemas e no aprendizado interativo e cooperativo, e permite que os mesmos aprendam através da exploração e construção do conhecimento.

## 2.2 Avaliação de uso de Inteligência Artificial em equipamentos industriais

Hoje no mercado existem diferentes técnicas de manutenção preditiva, como a termografia, ultrassom, entre outros. Porém essas técnicas não são precisas (COSTA, 2013), pois não determinam exatamente a data na qual o equipamento apresentará uma falha, resultando em um grande tempo de máquina parada ou troca desnecessária de determinados componentes que ainda possuem vida útil, mas pelo fato de já terem passado do prazo estimado são trocados, independente do seu desgaste.

A implementação de algoritmos de Inteligência Artificial que possibilita prever com precisão a melhor data para a manutenção desse equipamento baseado no comportamento dos componentes eletrônicos, o que resultará em uma redução de tempo de máquina parada, tempo de ócio do operador, prevenir trocas desnecessárias de peças e prevenir propagação de falhas a outros dispositivos, tudo isso consequentemente resultará em uma redução de custos.

Como exemplo desse tipo de técnica, há estudos bem fundamentados para demonstrar que Redes Neurais Artificiais podem ser totalmente aplicadas como ferramenta auxiliar de tomada de decisão em usinas hidrelétricas, nesse caso, as usinas de Samuel e Balbina, para manutenção de equipamentos (SIMEON, 2008).

Um dos problemas encontrados em aplicações de IA na manutenção preditiva é que as variáveis obrigatoriamente devem apresentar uma mudança de comportamento ao longo do tempo, tendo relação ou correlação com o dispositivo analisado. Portanto, como premissa, deve-se utilizar uma máquina conveniente, e por isso entende-se um equipamento que disponha de um dispositivo que apresente deterioração (SIMEON, 2008).

Essa deterioração deve ser monitorada durante o processo, por meio de medições e sensores com comportamento variável ao longo do tempo e que tenham relação direta ou indireta com o dispositivo escolhido. Alguns exemplos dessas medições podem ser: dimensões (altura, largura e abertura), valor médio de corrente de um motor, variação da frequência de acionamento, entre outros.

Outro problema é a capacidade de processamento e armazenamento de dados, portanto, outra premissa é que o controlador do equipamento deve ser um computador industrial que tenha capacidade, robustez e que seja uma plataforma viável para um ambiente integrado de desenvolvimento (*Integrated Development Environment*, IDE) de IA. Outro ponto a ser considerado é a utilização de sensores, variáveis e medições que já estejam disponíveis no equipamento, para que não haja custos adicionais no desenvolvimento do trabalho.

Além dos pontos levantados, deve-se levar em consideração todas as intervenções no dispositivo, como manutenções ou qualquer outra que interfira nas variáveis ao longo do tempo, pois assim a base de dados para a criação do algoritmo de Inteligência Artificial estará correta. Para que os dados estejam mais próximos possíveis da realidade e passíveis de serem analisados, o equipamento escolhido deve estar em funcionamento e inserido na respectiva linha de produção.

## 2.3 Metodologia para o desenvolvimento de um projeto prático, real e aplicado com uso de técnicas de Inteligência Artificial

A partir dos conceitos envolvidos na aprendizagem significativa baseada em projetos e nas considerações necessárias à aplicação de técnicas de IA em equipamentos industriais, os alunos

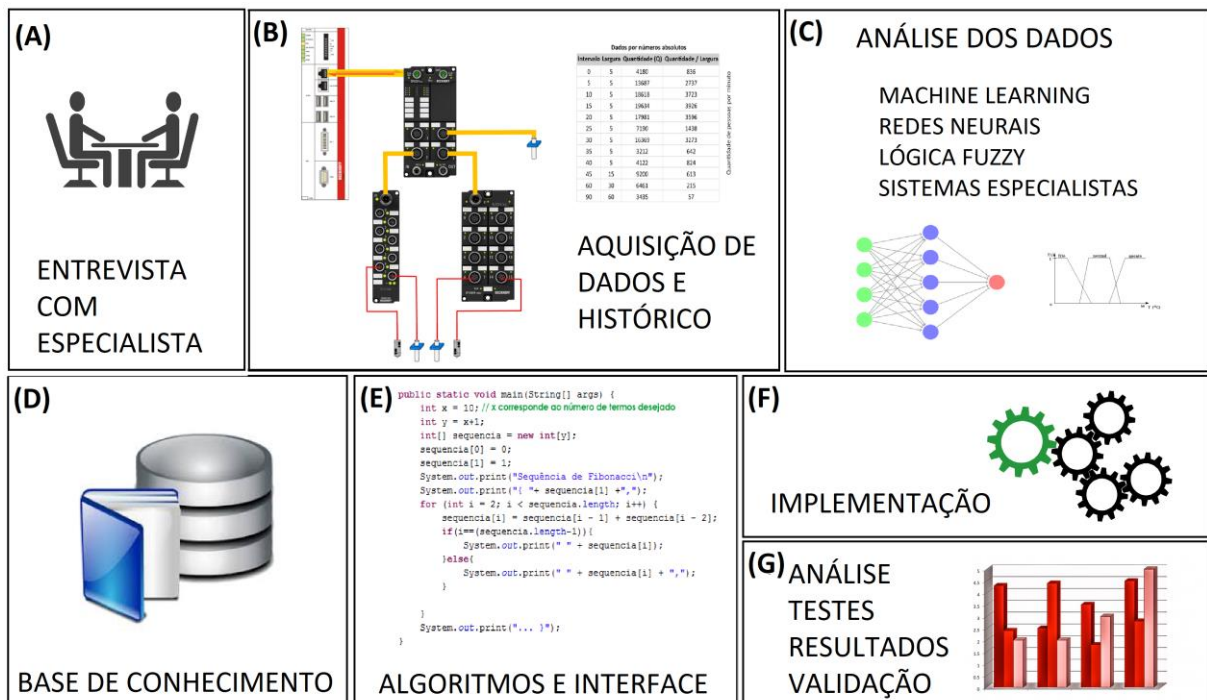
foram instruídos a aplicarem esses conhecimentos no desenvolvimento da metodologia do projeto.

Assim, como primeira etapa, houve a análise do parque fabril da empresa, por parte dos alunos (orientados pelos professores, mas sem interferência local) para verificar qual máquina melhor se adequaria no desenvolvimento do projeto. Requisitos como tipos de sensores presentes no equipamento, acesso a registros de eventos, poder computacional e existência ou não de degradação do comportamento dos componentes foram considerados para que a escolha fosse correta visto que isso pode impactar, diretamente, no sucesso ou não da solução proposta.

De posse desses requisitos, a célula de produção selecionada, totalmente automatizada e enclausurada, foi a de uma brunidora. Esse equipamento executa um procedimento de usinagem por abrasão utilizado em corpos com furos cujo objetivo é corrigir problemas de acabamento de superfície e dimensões internas, por exemplo (VISQUE, 1998). Essa máquina foi escolhida por conter uma prensa que apresenta degradação ao longo do tempo, um controlador que possibilita o registro do histórico e por não demandar conexão adicional de outros computadores, sendo por essas características, possível de se desenvolver um *software* para diagnóstico de falhas com Inteligência Artificial para auxiliar nos processos de manutenção preditiva. Habilidades de análise crítica, visão integrada de projeto e seus objetivos, conhecimento técnico sobre equipamentos de automação industrial foram necessários para correta execução desta etapa.

Após a fase de definição do equipamento, foram levantadas as demais etapas necessárias ao desenvolvimento do projeto como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Transformando um equipamento da Indústria 3.0 para um pertencente ao escopo da Indústria 4.0: etapas necessárias do desenvolvimento do projeto.



Legenda: (A) Entrevista presencial com especialistas na manutenção e operação do equipamento escolhido. (B) Aquisição dos dados dos sensores e criação do histórico. (C) Análise dos dados e escolha da ferramenta de IA. (D) Elaboração da base de conhecimento. (E) Desenvolvimento dos algoritmos e interface. (F) Implementação. (G) Análise dos resultados, testes e validações dos algoritmos. Fonte: autoria própria.

Como trata-se de um sistema para diagnóstico de falhas da prensa visando auxiliar em sua manutenção preditiva, tornou-se necessário, para conhecer melhor a máquina e o processo atual de manutenção, a realização de uma entrevista presencial com dois especialistas da empresa (Figura 1 - Etapa A).

Devidamente orientados, os alunos realizaram a entrevista dentro do ambiente da empresa, desenvolvendo e aprimorando suas competências na atuação em equipe, no trato interpessoal, e na extração de conhecimentos de especialistas geralmente necessários para se compor a chamada Base de Conhecimento da solução de Inteligência Artificial.

Nessas entrevistas foram levantadas questões sobre o funcionamento da prensa e critérios para se chamar a equipe de manutenção, quais as possíveis falhas observáveis hoje no equipamento, quais as verificações são realizadas pela equipe de manutenção e em qual ordem, se há tolerância ou não para as medidas efetuadas pelos sensores, como se dá o processo de manutenção em si na presença de uma ou várias falhas e quais os mecanismos de controle e registro da realização do ato da manutenção.

Com base nas respostas obtidas, a equipe relacionou as principais variáveis que deverão ser observadas para que o diagnóstico de falhas seja possível, respondendo questões sobre "Registrar o que?", "Por que?" e "Como?", presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Levantamento das variáveis presentes na prensa obtidas através da entrevista com especialistas

| Registrar o que?                                      | Por que?   | Como?   |
|---|--|---|
| Quantidade de tentativas de indexamento da peça.      | Na presença de desgaste, há um aumento das tentativas de indexamento por peça.     | O indexamento é feito por um pino conectado a um cilindro pneumático registrado por um sensor magnético.                |
| Altura da parte superior da prensa em relação a base. | O curso da prensa se torna maior de acordo com o desgaste.                         | Isso poderá ser coletado do servomotor da prensa.   |
| Valor do teste funcional realizado em outra máquina   | Se há o aumento de reprovação no teste, pode-se traçar uma relação com a prensa.   | Utilizando-se de conectividade em rede das máquinas.  |
| Altura da peça depois de prensada.                    | Para verificar se ficou ou não dentro dos padrões e tolerâncias pré-estabelecidos. | Medida realizada através de uma caneta de medição na própria máquina.   |
| Angularidade  | Para verificar se há ou não erros de angularidade na peça já prensada.             | Essa medida pode ser obtida via rede de comunicação   |
| Ocorrência de mudança de produto na máquina           | Porque altera o valor das variáveis consideradas.                                  | Pode ser coletado pelo controlador da máquina no momento de inicialização (procedimento de troca de produto produzido). |

Fonte: autoria própria.

Investigou-se também quais os tipos, quantidades e principais características de sensores presentes na máquina. Esse conhecimento se faz necessário para compreender correta e

tecnicamente o equipamento e identificar quais sensores serão considerados pelo algoritmo de IA. Foram levantados dois sensores indutivos (sinal digital) da marca IFM com campo de detecção de 4 mm para verificar presença da luva e pino na prensa; um sensor de luz, reflexivo difuso e ajustável (sinal digital) com comprimento de onda 640 nm da marca Sick para detecção do *sleeve*; um *encoder* para verificação do posicionamento do servomotor da prensa quanto à altura e força aplicada e; uma caneta de medição da marca Heidenhain que retorna altura do conjunto *sleeve*, luva e pino prensados em um sinal digital de 'OK' e 'NOK' baseado no valor de tolerância.

Seguindo as etapas apresentadas na Figura 1, e de posse da compilação das informações obtidas pelas entrevistas, o próximo passo (Etapa B) será a criação de um *datalog* para aquisição de dados dos sensores da prensa. Essa aquisição será feita no controlador da célula, um computador (PC) industrial com *Windows Embedded CE* da marca Beckhoff. Para isso, será utilizado o software TwinCat 3. Esta ferramenta é utilizada dentro do sistema operacional do PC Industrial para criação e execução do Controlador Lógico Programável (CLP) do equipamento, além da Interface Homem-Máquina (IHM), códigos em linguagem de programação C++, comunicação com redes industriais e outros (BECKHOFF, 2012).

Posteriormente, será feita uma seleção desses dados, utilizando-se de técnicas estatísticas, como por exemplo, análises de correlação, média móvel, histogramas etc. Então, baseando-se nisso, será escolhido um método de IA adequado, por exemplo, *Machine Learning*, Redes Neurais, Lógica Fuzzy ou Sistemas Especialistas (Etapa C). Uma vez um método escolhido, será criada a base de conhecimento (Etapa D).

Finalmente, serão desenvolvidos os algoritmos inteligentes, a interface com o usuário (Etapa E), e por fim, serão implementados no controlador da prensa (Etapa F). Os códigos serão desenvolvidos utilizando o software MATLAB e o TwinCat 3. Após as fases descritas até aqui, será feita a análise, testes e validações dos algoritmos (Etapa G).

Os resultados da análise do algoritmo com Inteligência Artificial que auxiliará no planejamento e na realização da manutenção preditiva serão disponibilizados às equipes interessadas diretamente na IHM da célula.

Convém destacar que as habilidades que serão trabalhadas e desenvolvidas entre as etapas (B) e (G) presentes na Figura 1 serão mais de cunho técnico, exigindo dos alunos aquisição de conhecimentos complementares aos vistos na disciplina de Fundamentos de Inteligência Artificial para escolher corretamente a técnica de Inteligência Artificial que melhor se enquadre nos dados disponíveis e informações geradas em análises.

Visando minimizar a quantidade de recursos necessários à adequação do equipamento do formato da Indústria 3.0 para o necessário à abordagem da Indústria 4.0, ficou fora do escopo do trabalho a troca de informação com rede de comunicação adicional às já consideradas anteriormente ou com o sistema de gestão SAP existente na empresa parceira. Ficou também decidido que não será realizada inserção de novos sensores no processo para captura de dados adicionais aos já existentes e considerados na Tabela 1.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da solução para diagnóstico de falhas visando auxiliar a execução do processo de manutenção da prensa ainda está no início do desenvolvimento (atualmente encontra-se no início da Etapa B com previsões de retornos à etapa A para aprimoramento das informações) e, mesmo assim, ganhos no processo de aprendizagem dos alunos envolvidos já são observados.

Habilidades como tomada de decisão, análise crítica de fatores, comunicação oral e escrita, inter-relacionamento pessoal e trabalho em equipe, foram aprimoradas nos discentes.

Competências técnicas também foram desenvolvidas e aperfeiçoadas durante a execução dessas primeiras fases, como planejamento, elaboração e execução de projetos práticos e reais, estudo de técnicas de Inteligência Artificial aplicáveis ao diagnóstico de falhas em equipamentos, tipos e características de sensores e máquinas industriais, características, requisitos e desafios da Indústria 4.0, entre outras. A duração do projeto está prevista para mais um ano, que totalizará 18 meses desde sua concepção.

Assim, pode-se concluir que o modelo de aprendizagem baseada em projeto, mesmo em fases iniciais, é útil e eficaz para desenvolver competências e habilidades necessárias ao profissional de Engenharia inserido nos desafios da Indústria 4.0.

### ***Agradecimentos***

À empresa Robert Bosch Ltda., fornecedora de peças automotivas localizada na cidade de Curitiba-PR e parceira no desenvolvimento desse projeto e a todos seus colaboradores que auxiliaram na realização das etapas desse estudo.

## **REFERÊNCIAS**

A VOZ DA INDÚSTRIA. **Como é a aplicação da Inteligência Artificial na indústria?** Novembro de 2018. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/como-e-a-aplicacao-da-inteligencia-artificial-na-industria/>. Acesso em: 6 mai. 2019.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI); BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0: o Brasil preparado para os desafios do futuro.** Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 7 mai. 2019.

AGUIAR, M. A. **Diagnóstico de falhas em equipamentos industriais usando técnicas de Redes Neurais Artificiais.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BECKHOFF. **Embedded PC CX9020: Compact PC Control for a wider range of applications.** 2012. Disponível em: <https://beckhoff.com/english.asp?press/pr0112.htm>. Acesso em: 1 mai. 2019.

BELL, S. Project-based learning for the 21<sup>st</sup> century: Skills for the future. **The Clearing House**, v. 83, n. 2, p. 39-43, 2010.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0.** 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

COSTA, M. D. A. Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. **Universidade Federal de Juiz de Fora**, v. 1, n. 1, p. 104, 2013.

EDUARDO, A. C. **Diagnóstico de Defeitos em Sistemas Mecânicos Rotativos através da Análise de correlações e Redes Neurais Artificiais.** 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da Gestão de Manutenção Industrial**. 2006. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative of Industry 4.0**. Acatech. 2013.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

PEREIRA, S. L. **Introdução à Inteligência Artificial**. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~slago/IA-introducao.pdf>. Acesso em: 8 mai. 2019.

SILVA, R. A. C. Inteligência Artificial aplicada a ambientes de engenharia de software: Uma visão geral. **Universidade Federal de Viçosa**, v. 1, n. 1, p. 11, 2005.

SIMEON, E. A. **Aplicação de técnicas de Inteligência Artificial no desenvolvimento de um sistema de manutenção baseada em condição**. 2008. 193 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

VISQUE, E. J. **Uma contribuição ao estudo do processo de brunimento**. 1998. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ZANCUL, E. S. O Brasil está pronto para a Indústria 4.0? **Exame**. São Paulo, mai. 2016. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/o-brasil-esta-pronto-para-a-industria-4-0/>. Acesso em: 8 mai. 2019.

ZAWADZKI, P.; ZYWICKI, K. Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept. **Management and Production Engineering Review**. 2016.

## DEVELOPMENT OF COMPETENCIES IN PROJECTS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PARADIGM OF INDUSTRY 4.0

**Abstract:** *The engineering professional needs to develop multiple skills in order to solve the challenges generated by industries and society. The capability of join traditional knowledge with disruptive technologies of Industry 4.0 such as Artificial Intelligence, Internet of Things and Additive Manufacturing, is an indispensable skill for newly engineers from control and automation field. A manner to students acquire these competencies and develop problem solving skill, critical and analytic thinking, team work ability and decision-making skill to attend professional demands and market needs is through practical project development inside companies with orientation and supervision from professionals and professors that provides an active learning environment guided by objectives and goals. Therefore, this article purpose is bring forward a study case from competence development needed for Industry 4.0 from Electrical Engineering of UTFPR in one production cell of a honing machine from Robert Bosch Ltd., an multinational automotive part supplier located in Curitiba-PR, Brazil, where was applied the significant project-based learning methodology. The application of automation and control specific knowledge and the development of skills in accordance with Industry 4.0 demands has contributed to the personal empowerment, professional appreciation and increasing employability of students. It is hoped that this work suits as a guideline for Artificial Intelligence development skills to engineers in the context of Industry 4.0.*

**Keywords:** *Industry 4.0. Artificial intelligence. Control and automation. Professional skills. Significant project-based learning.*