

## PROJETO CONCEITUAL DE UMA UNIDADE DIDÁTICA DE INDÚSTRIA 4.0 COM ÊNFASE EM IIOT E CONECTIVIDADE INDUSTRIAL

João Vitor Rosa<sup>1</sup>

Wagner Fernandes Zeferino<sup>2</sup>

**Resumo:** A realidade de inovação tecnológica trazida pela indústria 4.0 vem acompanhada também do aumento da necessidade de especialização dos engenheiros eletricitistas. Garantir uma preparação adequada para o mercado de trabalho é uma questão importante no planejamento de universidades em todo o país. O presente trabalho busca desenvolver o projeto conceitual de uma unidade didática focada em indústria 4.0, que dá ênfase a temas relacionados a IIoT e conectividade industrial. Contando com o dimensionamento de todos os componentes principais e a elaboração de um layout com a topologia de rede, a unidade didática visa contribuir com o processo de formação de novos engenheiros, atuando como uma ferramenta prática para aulas experimentais e laboratoriais que desenvolvam habilidades de nível superior, preparando os alunos para as demandas do mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** Redes Industriais. Bancada didática. Conectividade. Automação Industrial.

### 1. INTRODUÇÃO

A inserção dos engenheiros recém-formados no mercado de trabalho é uma questão relevante no planejamento estratégico do ensino de faculdades e universidades em todo o país. Garantir que os alunos ingressem na profissão aptos às diversas áreas de conhecimento é uma constante desafiadora, ainda mais em um cenário de permanente mudança e atualizações tecnológicas.

Uma das principais revoluções da engenharia na última década é a Indústria 4.0, que é uma tendência global, e vem sendo tratada como a quarta revolução industrial. Através dela estão sendo inseridos conceitos totalmente novos aos processos de manufatura, inaugurando uma era de máquinas inteligentes, espaços ciberfísicos e troca de informações pela internet em tempo real (KAGERMANN, 2013).

Em regiões de característica industrial, parcela significativa dos engenheiros eletricitistas formados optam por seguir suas carreiras dentro de fábricas,

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, ano: 2022: E-mail: joaovitor03.02@outlook.com

<sup>2</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: wagner.zeferino@satc.edu.br

e por isso, é de fundamental importância que estejam familiarizados com as novas realidades tecnológicas. No entanto, de modo geral, ainda existem poucas ferramentas de ensino que são dedicadas a esse propósito, fazendo com que em alguns casos, conceitos importantes para a capacitação do engenheiro sejam abordados apenas no campo teórico. Este cenário é conflitante com a Resolução de 2019 das Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia, que tem como uma das principais proposições a inovação na metodologia pedagógica através da experimentação e aplicação prática dos conhecimentos (WATANABE, 2019).

O presente trabalho busca desenvolver um projeto conceitual de uma unidade didática focada em Indústria 4.0, que proporcionará à engenharia elétrica e outros cursos análogos uma nova ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem. Com o uso desta unidade será possível, de maneira experimental, abordar conteúdos acerca de Controle de Máquinas, Protocolos de Redes Industriais, Automação de Processos, Comunicação em Nuvem, IIoT (Industrial Internet of Things), T.I. Industrial e Conceitos de Indústria 4.0.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta seção serão abordados os conceitos teóricos fundamentais para o desenvolvimento do referencial teórico do projeto.

### **2.1 DIDÁTICA**

Didática é um dos principais objetos de estudos da pedagogia, sendo responsável pela criação de métodos para transformar conhecimentos teóricos em objetos de ensino, elaborando conteúdos e práticas que visam o estabelecimento da relação ensino-aprendizagem (LIBÂNEO, 2006; WHITE, 2020).

Segundo CRUZ (2017), são ofícios exclusivos da didática, a fundamentação teórica, conceitual e experimental em volta da relação entre professor e aluno, de modo que seja possível criar condições favoráveis para a produção de conhecimento entre os sujeitos cognoscentes (professores e alunos) acerca do objeto cognoscível (conhecimento).

### 2.1.1 Conhecimento aplicado em práticas de laboratório

O objeto de estudo da didática, que é o processo de ensino, não pode ser considerado apenas no âmbito da sala de aula (LIBÂNEO, 2006). De acordo com RIBAU (2019), um componente importante no processo de aprendizagem de conteúdos relacionados a ciências e tecnologia é o trabalho laboratorial e prático. Aulas experimentais proporcionam mudanças conceituais aos estudantes, envolvendo pensamento crítico e criativo para desenvolver habilidades de nível superior.

Em instituições de ensino, foi constatado que a realização de aulas práticas, utilizando o modelo de estação de trabalho, é uma alternativa eficaz para fortalecer a relação de ensino, uma vez que é notável maior envolvimento dos alunos e melhora na capacidade de relacionamento interpessoal (RIBAU, 2019).

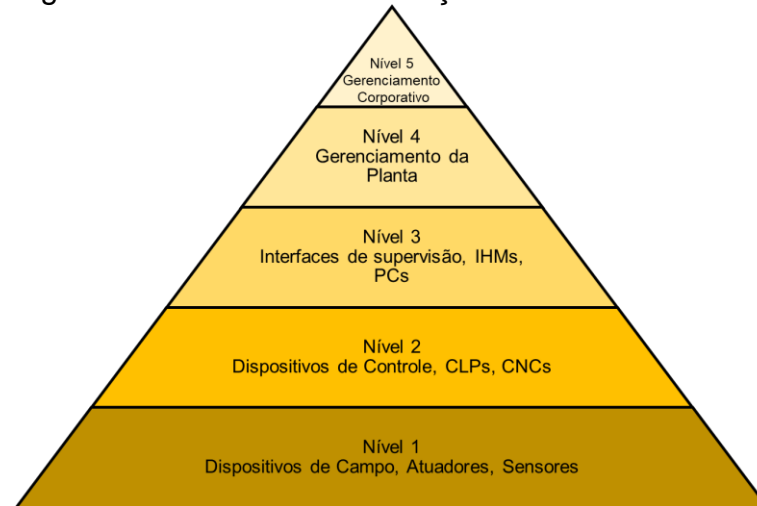
## 2.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial tem como conceito fundamental a manipulação e elaboração de processos industriais de forma automática, de modo que exista uma substituição da ação e do esforço humano nos processos de manufatura (JUNIOR, 2003). ROSARIO (2009) se aprofunda no tema e descreve a automação industrial como um conjunto de técnicas que tornam um sistema, além de mecanizado, ativo, sendo capaz de operar de modo autoajustável, garantindo um expressivo aumento na eficiência e velocidade na execução de tarefas.

O termo automação industrial nasceu nos anos de 1940, onde engenheiros da Ford Motor Company descreveram diversos sistemas eletromecânicos que substituíam a mão de obra humana dentro das linhas de produção. Nesta época, ainda havia a necessidade de intervenção humana em meio aos processos (LAMB, 2015), mas hoje, a demanda industrial exige cada vez mais soluções de fato autônomas, onde a necessidade de fabricação ágil e customizada tornam os sistemas mais inteligentes, eficientes e funcionais (GIVEHCHI, 2013).

Na década de 80, aconteceu a introdução do conceito Pirâmide da Automação, onde elaborou-se uma segmentação das áreas da automação, dividindo-as em cinco níveis entre a base (nível de campo) e o topo (nível de gerenciamento) (KÖRNER, 2019), conforme Figura 1:

Figura 1: Pirâmide da automação



Fonte: Adaptado de Goeking (2010)

GOEKING (2010) define o nível 1 da pirâmide como o “chão de fábrica”, onde estão instalados os sensores, atuadores e outros dispositivos. Neste nível são coletadas as informações de campo e enviadas para a camada número 2, que por sua vez, realiza o controle de entradas e saídas e as delega novamente ao nível 1. A segunda camada também é responsável por disponibilizar os dados de campo às divisões superiores da pirâmide.

As camadas 3, 4 e 5 desta pirâmide estão relacionadas a tarefas de supervisão, gestão e monitoramento. Nestes níveis encontramos bancos de dados, relatórios, estatísticas e informações que ajudam os gestores a traçarem novas estratégias, sejam elas no âmbito industrial ou corporativo (GOEKING, 2010).

### 2.2.1 Controle elétrico de eixos

Na camada mais baixa da pirâmide da automação encontramos os inversores de frequência (GOEKING, 2010), que são parte de um grande grupo de equipamentos destinados ao controle de movimento e velocidade (FRANCHI, 2013).

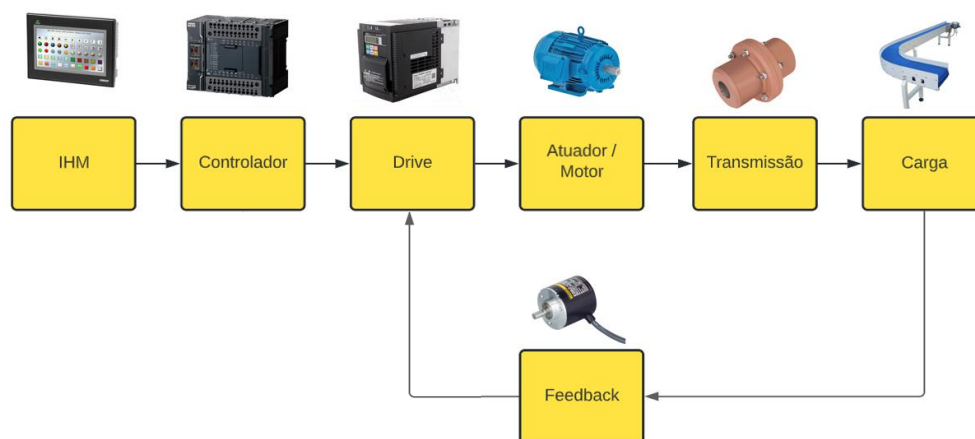
Um sistema de controle de movimento consiste em uma série de equipamentos interconectados de modo que seja possível controlar posição,

velocidade, torque e aceleração de um eixo dentro de um processo (MURAMATSU, 2020).

De acordo com GÜROCAK (2016), antes dos sistemas atuais de controle elétrico de posição, a realização de movimentos em múltiplos eixos era uma tarefa desafiadora. Para que o sincronismo fosse possível, eram necessários diversos sistemas de transmissão mecânica de movimento, incluindo polias, engrenagens e articulações, onde características mecânicas dos equipamentos ditavam a velocidade e precisão de cada eixo.

Atualmente, com o uso de controladores de movimento e *drives*, a tarefa de controle de eixos tornou-se significativamente mais simples. Os antigos sistemas mecânicos foram substituídos por sistemas muito mais compactos e versáteis, que permitem diversos tipos de controle dentro de uma mesma arquitetura (GÜROCAK, 2016). Tipicamente, os sistemas de controle elétrico de eixos possuem a seguinte configuração:

Figura 2: Arquitetura de sistemas de controle de eixos



Fonte: Adaptado de Gürocak (2016)

De todo modo, este tipo de configuração é passível de alterações e adaptações conforme cada tipo de situação e aplicação.

## 2.2.2 Protocolos de comunicação industrial

GÜROCAK (2016) define o controlador de movimento como o cérebro da operação de controle elétrico de eixos. Cabe ao controlador estabelecer uma

comunicação com o *drive* de forma que seja possível comandá-lo e parametrizá-lo. Esta comunicação pode ser realizada via entradas e saídas ou através de protocolos de redes industriais, como DeviceNet, Profibus, EtherNet/IP ou EtherCAT.

Nas fábricas e sistemas de manufatura atuais, os protocolos de comunicações baseados em Ethernet vêm sendo amplamente usados para controle de movimento. O protocolo EtherCAT está ganhando destaque especial (LEE, 2021), devido a sua característica de operação em tempo real, tempo de ciclo inferior a  $100\mu\text{s}$  (PARK, 2020) e possibilidade de integração com protocolos de comunicação de camadas superiores, relacionando-se com a gestão e digitalização industrial (WANG, 2017).

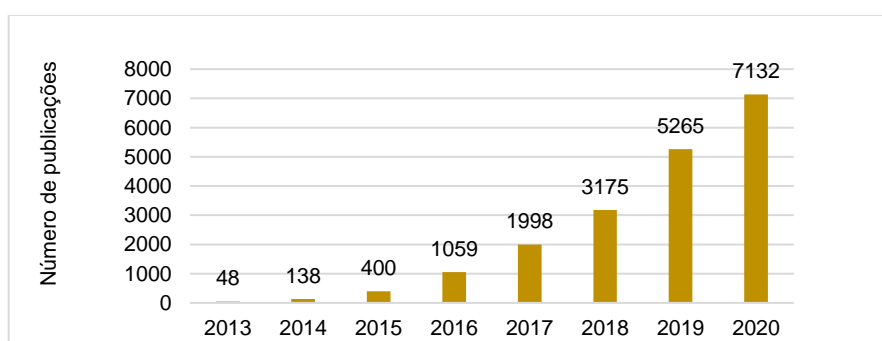
### 2.3 INDÚSTRIA 4.0

Uma nova tendência de digitalização surgiu recentemente no setor industrial, trazendo a transformação ciberfísica da manufatura e da indústria (BĂNICĂ, 2018). Este movimento foi cunhado pelo governo alemão em 2011 como Indústria 4.0 e mescla as ferramentas da tecnologia da informação com os constantes desenvolvimentos da automação industrial (FUERTES, 2021).

Segundo SAŁEK (2018), a essência da Indústria 4.0 é a criação de cadeias de valor otimizadas, baseadas em sistemas dinâmicos, auto-organizados e que se juntam no conceito de *Smart Factory* (fábricas inteligentes). Alguns dos principais pilares da Indústria 4.0 são computação em nuvem, análise de banco de dados, IIoT, respostas em tempo real e coleta de dados (SANTOS, 2019).

O assunto vem ganhando grande relevância nos últimos anos, como pode ser observado na Figura 3:

Figura 3: Número de publicações relacionadas à Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Leitão (2020)

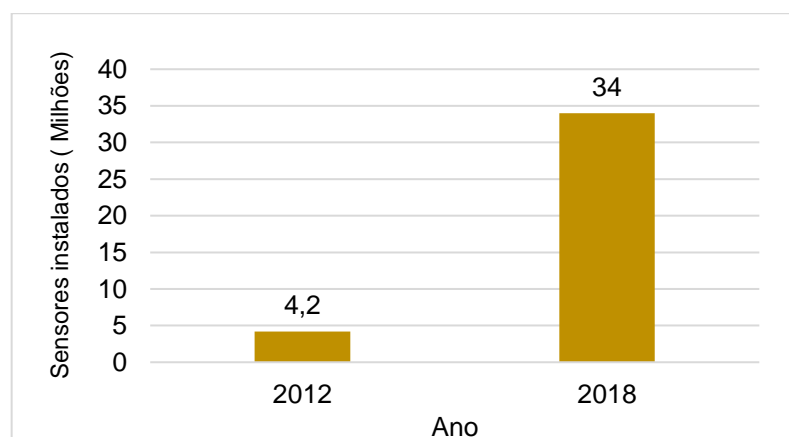
Devido aos avanços tecnológicos e produtivos, os principais países industrializados do mundo não consideram a Indústria 4.0 apenas como uma tendência. Com o objetivo de aumentar suas vantagens competitivas, os países têm criado políticas de incentivo à indústria 4.0, realizando investimentos especializados e anúncios na mídia (ZHOU, 2021). Um dos reflexos deste trabalho é o número de publicações relacionadas ao tema, que vem tendo um expressivo crescimento anual (LEITÃO, 2020).

### 2.3.1 IIoT e Computação em nuvem

A partir da Indústria 4.0 surgem duas palavras-chave: IIoT e ICPS. A internet das coisas industrial (IIoT) permite a interconexão e coleta de dados entre equipamentos industriais, integrando conceitos tradicionais de IoT aos sistemas de automação. Da mesma forma, o ICPS é uma ampliação dos espaços ciberfísicos tradicionais, mas agora em âmbito industrial, e com o objetivo de viabilizar a integração de sistemas virtuais e físicos (XU, 2018).

Segundo MARCHAL (2018), a adoção de equipamentos IIoT está acelerando em todo o mundo. A prova disso é um aumento de mais de 5 vezes no número de equipamentos inteligentes instalados no mundo, no período de 2012 à 2018.

Figura 4: Quantidade de sensores instalados no mundo



Fonte: Adaptado de Marchal (2018)

Devido ao crescente número de dispositivos de internet das coisas industrial (IIoT) e a integração dos espaços ciberfísicos nos sistemas de manufatura, o volume de dados disponíveis aumentou de forma exponencial, sobrecarregando e dando maior complexidade aos sistemas de bancos de dados convencionais (PIĘTA, 2021).

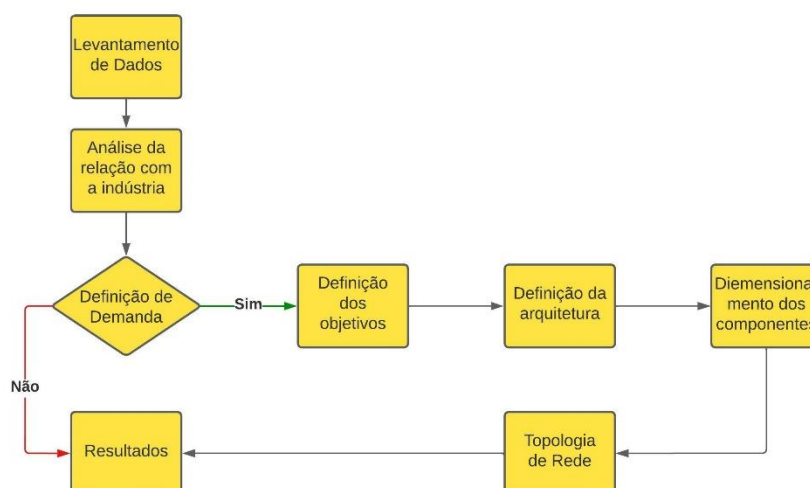
Uma das ferramentas utilizadas para trabalhar com estes grandes volumes de dados é a Computação em Nuvem, que é um modelo de computação que viabiliza o acesso à uma gama de recursos virtualizados através de um serviço sob demanda (GIRS, 2020). Esta ferramenta cria assim uma solução econômica e escalável para armazenar dados, utilizando dos serviços “*pay-per-use*”, é possível alocar servidores, redes e aplicações com esforço mínimo (SANDHU, 2022).

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No presente capítulo serão apresentados os procedimentos utilizados para a validação do tema proposto e o desenvolvimento do projeto conceitual da unidade didática.

A elaboração do procedimento experimental seguirá as etapas da Figura 5:

Figura 5: Etapas de desenvolvimento da unidade didática



Fonte: Do Autor (2022)



### 3.1 RELAÇÃO DOS EGRESSOS DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA COM O MERCADO DE TRABALHO

Nesta etapa do procedimento foi observada e analisada a relação existente entre o mercado de trabalho e os engenheiros eletricitistas formados na UNISATC.

#### 3.1.1 Obtenção dos dados

Com o objetivo de conhecer os principais mercados de atuação dos engenheiros eletricitistas, foi disponibilizada pela UNISATC, uma base de dados com informações referentes as carreiras dos egressos do curso de engenharia elétrica. Nesta base de dados, foi possível encontrar onde os engenheiros seguiram suas carreiras profissionais e com quais áreas de trabalho tem uma maior relação após a formação acadêmica.

A avaliação destes dados, ajuda a projetar um panorama das demandas do mercado de trabalho para os engenheiros eletricitistas, e entender quais as áreas de conhecimento tem maior impacto pratico na carreira dos egressos, fornecendo informações para uma análise crítica sobre as disciplinas e ementas do curso.

#### 3.1.2 Classificação por Área de atuação

Para o presente artigo, foram considerados dados dos engenheiros formados a partir do primeiro semestre de 2012, uma amostra de 368 profissionais, dos quais 234 possuíam informações atualizadas sobre suas carreiras no mercado de trabalho. Os engenheiros foram classificados por ramo de atuação e divididos em seis setores: indústria, energia, educação, software, setor público e outros, conforme a Figura 6:

Figura 6: Recorte da base de dados das profissões

ANO FORMATURA	EMPRESA ATUAL	SETOR
2012/1	EMPRESA A	EDUCAÇÃO
2012/1	EMPRESA B	ENERGIA
2012/1	EMPRESA C	ENERGIA
2012/1	EMPRESA D	INDUSTRIA
2012/1	EMPRESA E	INDUSTRIA
2012/1	EMPRESA F	INDUSTRIA
2012/1	EMPRESA G	INDUSTRIA
2012/1	EMPRESA H	OUTRO
2012/1	EMPRESA I	SOFTWARE
2012/1	SEM INFORMAÇÕES	
2012/1	SEM INFORMAÇÕES	

Fonte: Adaptado de UNISATC (2022)

No setor indústria, foram incluídos os profissionais que trabalham em fábricas, manufaturas, empresas cujo o fim está diretamente relacionado a atividade industrial, prestadores de serviços para a indústria e projetistas industriais. Já na classificação energia, estão os engenheiros atuantes em empresas de geração de energia elétrica, cooperativas, permissionárias e profissionais com atividades ligadas a operação e projetos de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia.

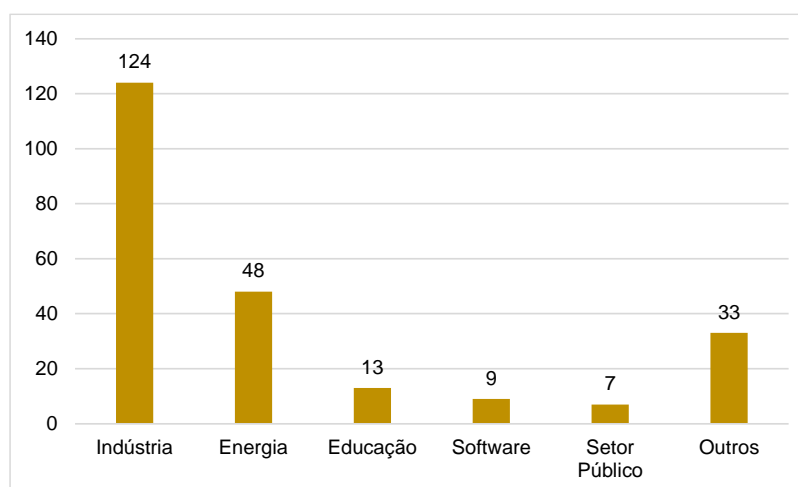
Os engenheiros listados no ramo de educação, tem atividades principais relacionadas a universidades, escolas, cursos técnicos e pesquisa em laboratórios de instituições de ensino.

Para os setores de software e setor público foram, respectivamente, classificados os engenheiros ligados aos mercados de programação de softwares e funcionários de empresas públicas (exceto de eletrificação). Por fim, os profissionais que atuam nas demais áreas estão presentes na categoria outros.

### 3.1.3 Análise quantitativa

Analisando à base de dados disponibilizada e organizando-a em um gráfico de barras é possível observar uma forte relação do setor industrial com a carreira dos engenheiros formados desde 2012, relação esta que pode ser observada na Figura 7:

Figura 7: Destino profissional dos egressos do curso de engenharia elétrica



Fonte: Do Autor (2022)

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

Avaliando os resultados da seção anterior e sobrepondo com a realidade da Indústria 4.0 e estudos da didática sobre aulas práticas laboratoriais, é possível perceber a necessidade da criação de ferramentas que possibilitem uma imersão dos acadêmicos no meio industrial. Portanto esta seção define os principais conceitos que foram elaborados para proporcionar uma unidade didática que contribua com o processo de formação técnica e profissional dos futuros engenheiros e técnicos.

A Unidade Didática de Indústria 4.0 possui como principal premissa a versatilidade de uso. A ferramenta proposta pode ser utilizada como apoio educacional para aulas de engenharia elétrica, cursos relacionados a automação, capacitações técnicas e demais áreas análogas, uma vez que, abrange diversas áreas do conhecimento de engenharia e automação.

Para que estas funcionalidades sejam alcançadas, se faz necessário a elaboração de uma arquitetura de automação capaz de simular situações práticas relacionadas a Indústria 4.0. A arquitetura é a base para o dimensionamento dos componentes e equipamentos do sistema, e conseqüentemente para o detalhamento de um layout físico do projeto.

### 3.3 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO

Nesta etapa do procedimento, foram definidos os principais dispositivos que compõe a unidade didática, considerando as fundamentações da Indústria 4.0 e o conceito de pirâmide da automação (GOEKING, 2010) como parte indispensável no design da arquitetura de todo o projeto.

A Unidade será dividida nos níveis de campo, controle, visualização e gestão, contando com componentes e protocolos de comunicação característicos de cada um destes níveis. Para a troca de dados entre os dispositivos foram selecionados o IO-Link para comunicação com os dispositivos de campo, EtherCAT e EtherNet/IP para o nível de controle, e TCP/IP e OPC-UA para os níveis de visualização e gestão de dados.

### 3.3.1 Dimensionamento dos Componentes

Para que o projeto possa atender as proposições definidas na seção 3.2 e seja aplicável a arquitetura da seção 3.3, é de fundamental importância que os dispositivos sejam dimensionados com características que viabilizem a troca de dados entre todos os componentes da unidade.

Dividida em camadas, a base da pirâmide conta com dispositivos de campo, que são sensores e atuadores responsáveis por enviar e receber sinais de níveis superiores da pirâmide. No esquema de automação proposto, foram utilizados sensores de diferentes tipos e princípios de funcionamento, somados a um atuador linear controlado eletricamente e LEDs indicativos de operação.

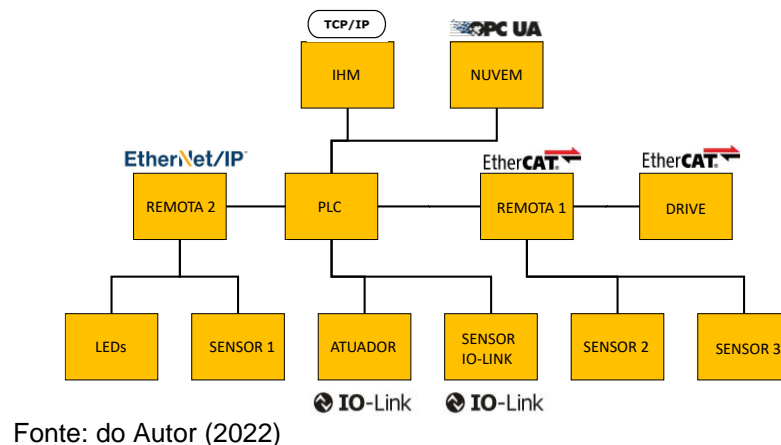
Já na segunda camada da pirâmide, estão os dispositivos de controle. Para a unidade didática, a proposta é de uso de um controlador, um *drive* para controle de motor elétrico e um sistema de entradas e saídas remotas conectadas via rede industrial. Os dispositivos de controle utilizados no projeto foram especificados levando em consideração a capacidade de comunicação em vários protocolos de rede, uma vez que, devem ser versáteis e capazes de trocar dados com dispositivos de todos os níveis de automação do projeto.

Por fim, nos níveis 3, 4 e 5, que estão relacionados a supervisão, a unidade conta com uma IHM para visualização local, além de um sistema de acompanhamento de variáveis em nuvem, acessado via *QR-Code* em uma página web. Deste modo torna-se possível o acompanhamento das variáveis de processos através de *dashboards*, que baseados nos dados de operação da unidade, representarão de forma gráfica o sistema em operação.

### 3.3.2 Topologia de Rede

Após o dimensionamento dos componentes, a topologia de rede do sistema foi definida conforme a Figura 8:

Figura 8: Topologia de rede da unidade didática



Com base nesta topologia de rede, foram definidas as bases fundamentais para a comunicação entre os dispositivos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão descritos e analisados os resultados obtidos durante a elaboração do procedimento experimental, e ainda, discutir acerca dos resultados projetados para o futuro.

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Após o desenvolvimento realizado no capítulo 3, a presente seção apresenta o resultado dos dimensionamentos dos componentes que compõe o projeto conceitual da Unidade didática, detalhando algumas de suas características técnicas, bem como, suas ligações e conexões com demais aparelhos e estrutura.

#### 4.1.1 Dispositivos de Controle

O Controlador principal utilizado foi o modelo NX1P2-9024DT1, do fabricante OMRON, que possui capacidade para atender aos protocolos de comunicação do projeto, uma vez que somado ao seu módulo NX-ILM400, pode estabelecer comunicação em EtherCAT, EtherNet/IP, TCP/IP, IO-Link e OPC-UA. Através desse dispositivo também é possível realizar o controle de drives industriais e acionar outros equipamentos via Entradas e Saídas incorporadas ao seu Hardware.

Utilizando o protocolo EtherCAT, o controlador atua como mestre de um Inversor de Frequência, que pode controlar motores de indução trifásicos. O modelo

utilizado foi o 3G3MX2-A2015-V1 e sua placa opcional 3G3AX-MX2-ECT (OMRON), que foi dimensionado devido à sua funcionalidade de escravo EtherCAT e capacidade nominal para controle de motores de indução até 2CV, que são comuns em bancadas de testes de universidades e cursos técnicos. Outro fator relevante para a escolha do equipamento foi a possibilidade de ligação elétrica em 220 Volts monofásico, característica que viabiliza a alimentação elétrica em um ponto de tomada comum.

Em outra porta de rede do CLP realizou-se a conexão com o Switch Industrial W4S1-05B (OMRON), que é responsável por distribuir o protocolo TCP/IP e EtherNet/IP à IHM, ao sistema de I/O Remoto e a um possível usuário que virá se conectar à unidade.

Com exceção do Inversor de frequência, todos os dispositivos são alimentados em tensão de 24 Volts, em corrente contínua. Para o fornecimento desta tensão foi selecionada a fonte de alimentação S8VK-C12024, do fabricante OMRON.

#### **4.1.2 Dispositivos de Visualização e Gestão**

Os dados e informações do sistema poderão ser visualizados através de uma Interface de 7" Touchscreen, NB7W-TW01B (OMRON), que servirá também como ferramenta de interação com todo o sistema, uma vez que será possível alterar parâmetros, selecionar funções e simular condições para teste.

A comunicação com o controlador será realizada através do protocolo TCP/IP, onde a Interface atua como mestre de rede e terá o controlador como escravo, disponibilizando dados em tempo real que poderão ser visualizados e manipulados pelo usuário.

Subindo ainda mais nas camadas da Pirâmide da Automação, o sistema permite a elaboração de um banco de dados onde os dados da operação da unidade serão salvos e processados, de modo que seja possível desenvolver gráficos e tabelas com o histórico de operação solicitado pelo usuário.

Estas funções em banco de dados poderão ser acessadas via PC, conectando-o diretamente na rede do Projeto, ou em um dispositivo móvel através dos QR-Codes distribuídos por toda a estrutura.

### 4.1.3 Atuadores e Dispositivos de campo

Para a unidade didática, o nível de campo é composto por 3 grupos de dispositivos: Os sistemas de I/O Remotos, os sensores industriais e o atuador linear elétrico.

O controlador principal também é mestre de dois sistemas de Entradas e Saídas remotas, que possibilitam a simulação de uma condição da indústria onde é necessário controle e coleta de dados em campo. Para isso, a estrutura conta com o uso do módulo de rede NX-EIC202 em conjunto com os módulos de entrada NX-ID5442 e saída NX-OD5256, montando uma configuração de remota escravo EtherNet/IP que envia e recebe sinais de dispositivos discretos. Por outro lado, o sistema de I/O Remoto GX-ILM08C é acessado através da rede EtherCAT, conectado diretamente com o inversor de frequência e ao mestre de rede, recebendo também sinais digitais e informação via IO-Link dos sensores industriais.

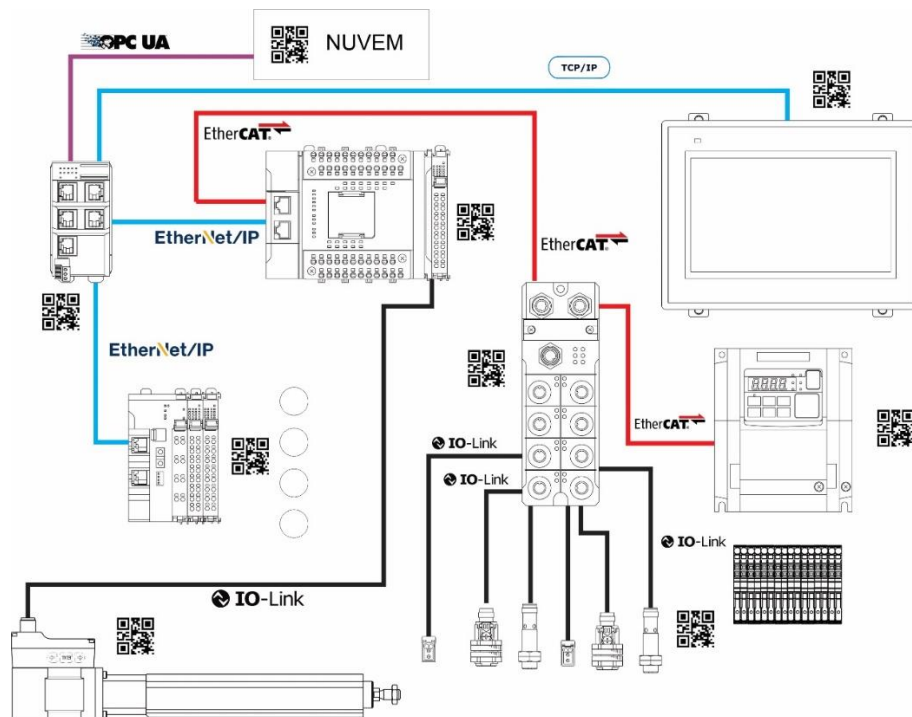
No âmbito dos sensores industriais, foram dispostos sensores de diferentes tipos e princípios de funcionamento, de modo que estejam enviando seus status de saída via sinal digital, ou enviando dados de operação em tempo real através do protocolo IO-Link, oferecendo informações de diagnósticos completas diretamente para o CLP e sistemas de I/O Remotos.

Por fim, o Atuador Linear elétrico consiste em um sistema de eixo de fuso, que está conectado diretamente ao controlador através de protocolo IO-Link, sendo controlado e disponibilizando seus dados de posição e velocidade para todo o sistema da unidade. O modelo selecionado foi o EPCS-BS-32-100-3P-A-ST-M-H1-PLK-AA, do fabricante FESTO, devido a simplicidade no comissionamento e conectividade IO-Link.

## 4.2 LAYOUT E ESTRUTURA DA UNIDADE

De modo que seja possível organizar os equipamentos e dispô-los em um Layout intuitivo e amigável, a unidade segue o modelo da Figura 9:

Figura 9: Layout esquemático da unidade didática



Fonte: Do Autor (2022)

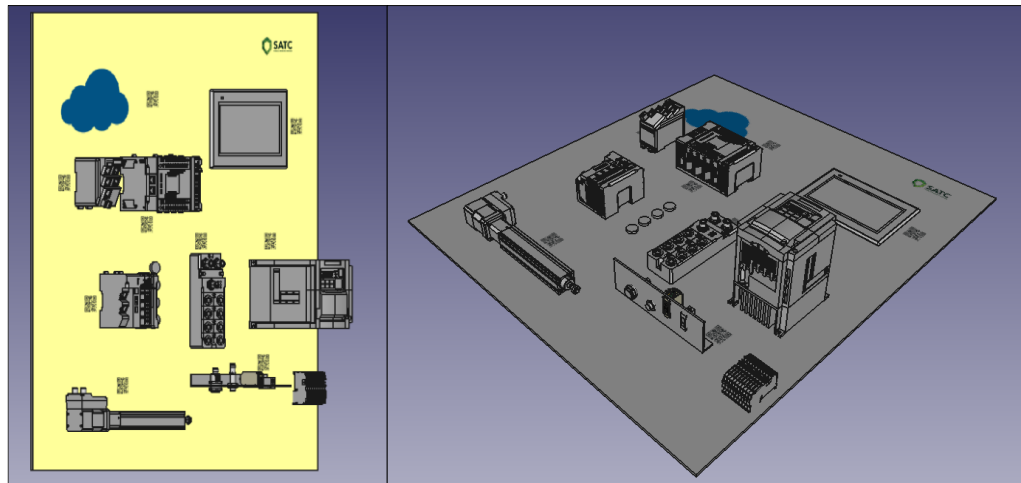
A estrutura da unidade possui formato de bancada de trabalho, possibilitando aos acadêmicos a realização de atividades com esforço mínimo de instalação, dando foco nos conceitos de programação e conectividade industrial.

#### 4.2.1 Modelo em 3D

Com o objetivo de visualizar o resultado final da Unidade Didática, foi desenvolvido um modelo em três dimensões simulando a estrutura da unidade montada e operando. A modelagem foi desenvolvida no software FreeCAD usando os arquivos CAD, disponíveis nos sites dos fabricantes de cada componente. Para este caso em específico, todos os modelos foram baixados na extensão “.stp” e estão dispostos conforme a Figura 10:

Figura 10: Modelo em três dimensões do projeto





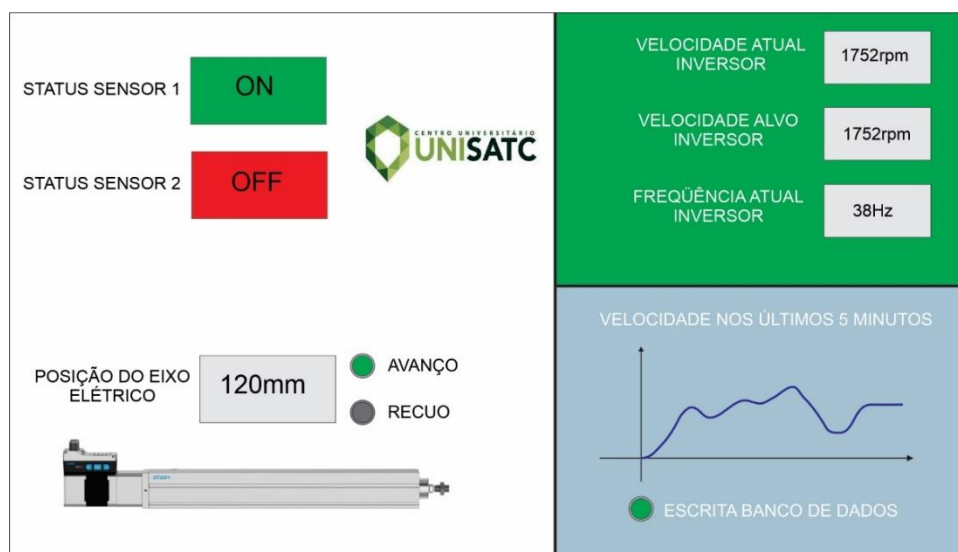
Fonte: Do Autor (2022)

O modelo em três dimensões auxilia em uma visualização completa e espacial da estrutura física da Unidade Didática.

#### 4.2.2 Estrutura de operação

A unidade didática é uma ferramenta versátil que disponibiliza meios para a criação de aulas personalizadas e que se adequam a diversos temas diferentes. Simulando uma situação onde a aula proposta abordaria variação de velocidade de motores elétricos, atualizando status e leituras de sensores em campo, a unidade poderia dispor de uma tela de IHM com interface gráfica conforme a Figura 11:

Figura 11: Exemplo de design da IHM



Fonte: Do Autor (2022)

Desta forma, é possível acompanhar de maneira visual os dados da aplicação, bem como avaliar um gráfico de desempenho em tempo real. Durante este tipo de aula, os alunos podem desenvolver as telas da IHM, os códigos de controle e a parametrização das redes, garantindo uma experiência bastante completa sobre sistemas de automação e coleta de dados.

Simulando ainda, montada como bancada de trabalho, a unidade pode ser instalada em parede ou fixada em uma estrutura metálica, formando estações de trabalho onde os alunos terão contato com os equipamentos e poderão desenvolver as atividades em grupos ou individualmente, conforme a figura 12:

Figura 12: Exemplo de aplicação em sala de aula



Fonte: Do Autor (2022)

Este tipo de aula prática contribui para o desenvolvimento de habilidades técnicas e comportamentais, proporcionando uma imersão dos acadêmicos no tema proposto.

#### 4.3 RELAÇÃO DOS ENGENHEIROS ELETRICISTAS COM A INDÚSTRIA

Observando os dados levantados na seção 3.1, é possível entender o impacto da atividade industrial no futuro profissional dos egressos do curso de engenharia elétrica, apontando uma necessidade real de ferramentas de ensino que possam, de maneira prática, prepara-los para o mercado de trabalho. Como sugere RIBAU (2019), aulas práticas laboratoriais são essenciais para o desenvolvimento de habilidades de nível superior, e em um cenário de formação de engenheiros que irão atuar na indústria, conhecimentos específicos nesta área são fundamentais para a inserção eficiente dos formandos no mercado profissional.

#### 4.4 PROJEÇÃO DE GANHOS MULTIDISCIPLINARES

Com o uso todas as ferramentas disponibilizadas pela Unidade Didática de Indústria 4.0 é possível projetar diversos ganhos no processo de ensino-aprendizagem, abordando prática laboratorial para a aplicação dos conceitos estudados em sala de aula. O projeto proporciona aos acadêmicos contato com novas tecnologias e realidades do setor industrial, familiarizando-os com os conceitos e desafios que poderão encontrar em suas carreiras.

### 5. CONCLUSÕES

O presente estudo apresentou um projeto conceitual de uma unidade didática focada em indústria 4.0, dimensionando todos os seus principais componentes, bem como estabelecendo sua topologia de rede, layout e ainda esboçando em um modelo 3D sua possível estrutura física.

Observando os resultados referentes a relação dos engenheiros eletricitas com a indústria, torna-se perceptível a relevância do tema proposto, bem como, seus benefícios como ferramenta de apoio para a preparação de novos engenheiros para o mercado de trabalho.

Em uma visão geral, a unidade aborda conceitos técnicos sobre programação de máquinas, parametrização de redes, topologias de controle, controle elétrico de eixos, T.I industrial e automação. Estes conceitos são ferramentas importantíssimas para o desenvolvimento de *Hard Skills* para um profissional ligado as atribuições de engenharia, projetos e manutenção no setor industrial.

De todo modo, a estrutura também projeta aos acadêmicos a iniciação do desenvolvimento de *Soft Skills*, uma vez que, ao estudar conceitos de Indústria 4.0, a capacidade de gerenciamento e planejamento são despertadas durante as discussões em sala de aula. Abordando, como objeto de estudo, os níveis de gestão da Pirâmide da Automação (GOEKING,2010), é inevitável a inserção aos alunos dos conceitos de gestão, estratégia, planejamento de longo prazo e capacidade de tomar decisões.

Em linhas gerais, a Unidade Didática é uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de habilidades e mescla capacitação técnica e pessoal de nível superior, sempre visando a preparação do acadêmico para o mercado de trabalho. Com isso, os ganhos podem ser multidisciplinares em diversos cursos de graduação e capacitação, como a engenharia elétrica, mecatrônica, eletrotécnica, manutenção industrial, engenharia de software e diversos outros, abrindo ainda a possibilidade da criação de novos cursos de extensão focados em áreas específicas da indústria.

## 6. REFERÊNCIAS

BĂNICĂ, et al. Softwarization of the production: the Industry 4.0 approach. **Scientific Bulletin - Economic Sciences, Universidade de Pitesti**, Pitesti, v. 18. n. 1. p 24, 2019. Disponível em: < [https://www.economic.upit.ro/repec/pdf/2019\\_1\\_3.pdf](https://www.economic.upit.ro/repec/pdf/2019_1_3.pdf)>. Acesso em: 21 abril 2022.

CRUZ, Giseli Barreto da. Didática e docência no ensino superior. **Rev. bras. Estud. pedagog.**, Brasília, v. 98. n. 250. p 674, dezembro 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.98i250.2931>>. Acesso em: 09 abril 2022.

FRANCHI, Claiton Moro. Inversores de Frequência: Teoria e Aplicações. **Editora Érica**, São Paulo, p. 17-19, 2013.

FUERTES, et al. Environment for Education on Industry 4.0. **IEEE Access**, León, v.9. p 144395, outubro 2021. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9576059>>. Acesso em: 21 abril 2022.

GIRS, et. al. A Systematic Literature Study on Definition and Modeling of Service-Level Agreements for Cloud Services in IoT. **IEEE Access**, Västerås, vol.8 p 134498, julho 2021. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9146632>>. Acesso em: 09 abril 2022.

GIVEHCHI, et. al. Cloud Computing for Industrial Automation Systems - A Comprehensive Overview. **2013 IEEE 18th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)**, Lemgo, p. 3. setembro 2013. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/6648080>>. Acesso em: 09 abril 2022.

GOEKING, Weruska. Da máquina a vapor aos softwares de automação. **Revista O Setor Elétrico**, São Paulo, v. 75, p. 71-74, maio 2020. Disponível em: < <https://www.osetoreletrico.com.br/da-maquina-a-vapor-aos-softwares-de-automacao/>>. Acesso em: 02 maio 2022.

GÜROCAK, Hakan. Industrial Motion Control Motor Selection, Drives, Controller Tuning, Applications. **Editores John Wiley & Sons, Ltd**, Vancouver USA, p. 1-9, 2016.

JÚNIOR, et. al. Uma Rápida Análise Sobre Automação Industrial. **Redes para Automação Industrial – 2003.1 – DCA - UFRN**, Natal, p 1, 2003. Disponível em: < [https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_6.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_6.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2022.

KAGERMANN, et al. Securing the Future of German Manufacturing Industry. **Acatech**, Frankfurt, p 7, abril 2013. Disponível em: < <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>>. Acesso em: 27 março 2022.

KÖRNER, et. al. Extending the Automation Pyramid for Industrial Demand Response. **52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems**, Ljubljana, v. 81, p. 998-1003, junho 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119305463> >. Acesso em: 29 maio 2022.

LAMB, Frank. Automação Industrial Na Prática. **AMGH Editora**, São Paulo, p. 2-3, 2015.

LEE, Seung-Yong e SUNG, Minyoung. Design and Implementation of an Ethernet-Based Linear Motor Drive for Industrial Transport Systems. **IEEE Access**, v. 9, Seoul, p. 33061-33074, fevereiro 2021. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9359808> >. Acesso em: 16 maio 2022.

LEITÃO, et. al. Quo Vadis Industry 4.0? Position, Trends, and Challenges. **IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society**, Bragança, v. 1. p 300, outubro 2020. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9226492> >. Acesso em: 09 abril 2022.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática. **Cortez Editora**, São Paulo, p 25-26, outubro 2006

MARCHAL, David. IIoT: una industria cada vez más conectada. **Revista Red Seguridad**. Madrid, v. 87. p 23, 2019. Disponível em: < <https://www.redseguridad.com/revistas/red/087/>>. Acesso em: 01 maio 2022.

MURAMATSU, Hisayoshi e KATSURA, Seiichiro; Periodic/Aperiodic Motion Control Using Periodic/Aperiodic Separation Filter. **IEEE Transactions On Industrial Electronics**, Yokohama, v. 67, n. 9, p. 7649. Setembro 2020. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8858034>>. Acesso em: 29 maio 2022.

PARK, et. al. Accuracy Improvement of Master–Slave Synchronization in EtherCAT Networks. **IEEE Access**, Busan, v. 8, p. 58620-58628, novembro 2020. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9044831>>. Acesso em: 16 maio 2022.

PIĘTA, Piotr e SZMUC, Tomasz. Applications of rough sets in big data analysis: An overview. **International Journal of Applied Mathematics and Computer Science**, Zielona Góra, v. 3. p 660, dezembro 2021. Disponível em: < <https://sciendo.com/it/article/10.34768/amcs-2021-0046>>. Acesso em: 01 maio 2022.

RIBAU, Isabel. Practical Work by Laboratory Stations: An Innovation in Experimental Work. **Universidade NOVA de Lisboa**, Lisboa, p 18-19, dezembro 2019. Disponível em: < <https://run.unl.pt/handle/10362/114448>>. Acesso em: 09 abril 2022.

ROSARIO, João Mauricio. Automação Industrial. **Editora Baraúna**, São Paulo, v. 1. p. 18, 2009.

SAŁEK, Anna Wiśniewska-. Sustainable Development in Accordance With the Concept of Industry 4.0 on the Example of the Furniture Industry. **MATEC Web of Conferences**, Częstochowa, v. 183. julho 2018. Disponível em: < [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/42/mateconf\\_qpi2018\\_04005/mateconf\\_qpi2018\\_04005.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/42/mateconf_qpi2018_04005/mateconf_qpi2018_04005.html)>. Acesso em: 21 abril 2022.

SANDHU, Amanpreet Kaur. Big Data with Cloud Computing: Discussions and Challenges. **Big Data Mining and Analytics**, Kapurthala, v. 5. p 32, março 2022. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/9663258>>. Acesso em: 09 abril 2022.

SANTOS, et al. Assessing the synergies between lean manufacturing and Industry 4.0. **Revista Dirección y Organización 71**. Vigo. p 72, julho 2020. Disponível em: < <https://www.revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/579>>. Acesso em: 21 abril 2022.

WANG, et. al. An Integrated Industrial Ethernet Solution for the Implementation of Smart Factory. **IEEE Access**, Guangzhou, v. 5, p. 25455-25462, novembro 2017. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/document/8096995>>. Acesso em: 16 maio 2022.



WATANABE, et al. AS NOVAS DCNs De Engenharia: Desafios, Oportunidades E Proposições. **Congresso De Ensino De Graduação – Conegrad Ufscar – 2019**, São Carlos, p 493-498, 2019. Disponível em: <  
<http://www.formacaodocentededped.ufscar.br/index.php/2020/conegrad/paper/viewFile/78/174>>. Acesso em: 29 maio 2022.

WHITE, et. al. Methodological Approaches to STEM Education Research Volume 1. **Cambridge Scholars Publishing**. Newcastle, v. 1, p.1-6, 2020

ZHOU, Shu-Xin. The Practical Applications of Industry 4.0 Technology to a New Plant for Both Manufacturing Technique and Manufacturing Process in New Product Introduction. **IEEE Access**, Shanghai, v.9. p 149218, outubro 2021. Disponível em: <  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9594801>>. Acesso em: 09 abril 2022.