

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAROLINE SANTANA MOURA

**PROPOSTA DE EQUIPAMENTO USANDO A TECNOLOGIA IoT COMO APOIO
PARA IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO 4.0**

São Paulo

2022

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAROLINE SANTANA MOURA

**PROPOSTA DE EQUIPAMENTO USANDO A TECNOLOGIA IoT COMO APOIO
PARA IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Professora orientadora: Dr. Rosangela Maria Vanalle.

São Paulo

2022

Moura, Caroline Santana.

Proposta de equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0. / Caroline Santana Moura. 2022.
120 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho -
UNINOVE, São Paulo, 2022.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Rosangela Maria Vanalle.

1. Educação 4.0. 2. Aprendizagem 4.0. 3. Internet das coisas. 4.
Indústria 4.0.

I. Vanalle, Rosangela Maria. II. Título

CDU 658.5



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

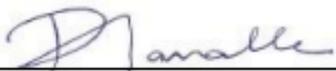
Caroline Santana Moura

Título da Dissertação: Proposta de Equipamento Usando a Tecnologia IoT como Apoio para Implementação da Educação 4.0

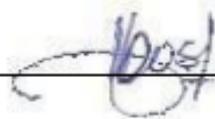
A Comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o(a) candidato(a) Caroline Santana Moura Aprovada.

São Paulo, 25 de fevereiro de 2022.

Prof(a). Dr(a).Rosangela Maria Vanalle (UNINOVE / PPGEP) - Orientadora



Prof(a). Dr(a).Ivanir Costa (UNINOVE / PPGI) - Membro Externo



Prof(a). Dr(a).Luiz Fernando Rodrigues Pinto (UNINOVE/PPGEP) - Membro Interno



Dedico este trabalho à minha irmã
Catarine Santana Moura.

AGRADECIMENTO

Agradeço imensamente a minha professora orientadora Dr. Rosangela Maria Vanalle que brilhantemente esteve me orientando e contribuindo para o meu desenvolvimento.

Agradeço aos professores do PPGEP que estiveram comigo nesta jornada, em especial aos professores Doutores, Mauro Martens, Aparecido Coutinho e José Carlos Curvelo.

Um profundo agradecimento ao Doni Beck, por me apoiar em todos os aspectos para que eu chegasse até aqui.

Agradeço meus pais Neuza Moura e José Urbano, por todo amor e carinho comigo.

Agradeço também meu amigo Evan Jhones e minha irmã Catarine Moura, por ter me ajudado a realizar a pesquisa de campo e que também esteve ao meu lado durante esta trajetória.

Agradeço a todos os colaboradores do departamento de exatas da UNINOVE, que me apoiaram e contribuíram para meu crescimento profissional, proporcionando todo o suporte necessário para alcançar o título de mestre em Engenharia de Produção.

Por fim, um agradecimento especial aos meus amigos do trabalho que me ajudaram muito a conquistar este título, Osmar Silva e Daniela Belchior.

RESUMO

A evolução industrial trouxe a melhoria da formação e capacitação de profissionais, tornando-os capazes de aumentar o conhecimento e as competências necessárias para poder inovar e ser produtivo. A inovação significa ter pessoas capazes de serem criativas, cerne do que se designa Educação 4.0. O preparo do aluno para o paradigma da Indústria 4.0 é importante para a sua formação, pois o mercado de trabalho está cada vez mais exigente e busca pessoas com capacidade de inovar. A busca dos benefícios das tecnologias desse novo paradigma para fortalecimento da competitividade no mercado global torna-se fundamental para as organizações. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo propor um equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0. A revisão da literatura foi efetuada na base digital *Web Of Science* resultando na seleção de 28 artigos aderentes ao tema pesquisado. Os artigos selecionados foram analisados e categorizados quanto ao ensino da educação 4.0 e que apresentassem modelos que atendessem os pré-requisitos para implantação da educação 4.0, resultando em 5 que serviram de apoio para a criação do equipamento proposto nesta dissertação. Na segunda fase desta pesquisa, foram destacadas as variáveis dos cinco modelos selecionados e que serviram de apoio para a construção do equipamento proposto. Também se apresentou o fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto com base na pirâmide de automação, os componentes e a comunicação com os *softwares*. O equipamento IoT proposto foi aplicado num caso real em uma pesquisa de campo. Os dados foram obtidos na pesquisa de campo aplicando-se a metodologia/procedimento de estudo misto, com questionários e teste-pareado no *software* IBM® SPSS®, juntamente com a utilização da técnica de triangulação para análise dos dados por observação. Os resultados comprovaram que há uma relação positiva do equipamento IoT com a educação 4.0, comprovando que a tecnologia IoT promove um maior engajamento, podendo ser aplicado como um apoio efetivo ao ensino em sala de aula.

Palavras-chave: Educação 4.0; Aprendizagem 4.0; Internet das coisas; Indústria 4.0

ABSTRACT

The industrial revolution has brought about an improvement in the training and qualification of professionals, making them capable of increasing the knowledge and skills necessary to be able to innovate and be productive. Innovation means having people capable of being creative, at the heart of what is called Education 4.0. Preparing students for the Industry 4.0 paradigm is important for their training, as the job market is increasingly demanding and seeks people with the ability to innovate. The search for the benefits of the technologies of this new paradigm to strengthen competitiveness in the global market becomes fundamental for organizations. In this context, this work aims to propose a device using IoT technology as a support for the implementation of education 4.0. The literature review was carried out on the Web Of Science digital database, resulting in the selection of 28 articles related to the researched topic. The selected articles were analyzed and categorized regarding the teaching of education 4.0 and that presented models that met the prerequisites for the implementation of education 4.0, resulting in 5 that served as support for the creation of the equipment proposed in this dissertation. In the second phase of this research, the variables of the five selected models were highlighted, which served as support for the construction of the proposed equipment. The workflow of the proposed IoT equipment based on the automation pyramid, the components and the communication with the software was also presented. The proposed IoT equipment was applied in a real case in a field research. Data were obtained in field research by applying the mixed study methodology/procedure, with paired test in IBM® SPSS® software, together with the use of the triangulation technique for data analysis by observation. The results proved that there is a positive relationship between IoT equipment and education 4.0, proving that IoT technology promotes greater engagement and can be applied as an effective support for classroom teaching.

Keywords: Educação 4.0; Aprendizagem 4.0; Internet das coisas; Indústria 4.0

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0	9
Figura 2- Pirâmide da aprendizagem de William Glasser	18
Figura 3- Sinal Analógico	27
Figura 4- Sinal Digital	28
Figura 5- Sinal IO-link	28
Figura 6-Fases da pesquisa	34
Figura 7- Protocolo de revisão sistemática e análise da literatura	37
Figura 8- Equipamento de laboratório inteligente	47
Figura 9- Vista geral do equipamento remoto	48
Figura 10- Vista geral da placa do laboratório remoto	49
Figura 11- Esquema simplificado de um laboratório remoto	50
Figura 12- equipamento de ensino remoto para robótica	50
Figura 13- Fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto	53
Figura 14- Foto do equipamento IoT proposto	55
Figura 15- Caixa de diálogo para inicialização do software	58
Figura 16- Configuração de endereçamento IP do computador	58
Figura 17- Tela inicial do software VES004	59
Figura 18- Acesso à opção de criação de novo projeto	60
Figura 19- Acesso à opção de busca de sensores na rede	60
Figura 20- Tela de resultados de sensores encontrados na rede I.	61
Figura 21- Tela de resultados de equipamentos encontrados na rede II.	62
Figura 22- Tela de resultados de equipamentos encontrados na rede	63
Figura 23- Processo de busca de equipamentos.	63
Figura 24- Tanque utilizado para as medições	69
Figura 25- Dados do equipamento IoT	72
Figura 26- Dados do sensor II	72
Figura 27 - Parâmetro do equipamento	73
Figura 28- análise dos resultados	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Definições para o termo IloT	11
Quadro 2- Evolução da Educação	15
Quadro 3- Tecnologias utilizadas como apoio para educação 4.0	20
Quadro 4- Tipos de sensores	26
Quadro 5- Benefícios da comunicação IO-link	29
Quadro 6- Proposições e Hipóteses científica	30
Quadro 7- Matriz metodológica	35
Quadro 8- Metodologia de aprendizagem para Educação 4.0	42
Quadro 9- Variáveis dos equipamentos para educação 4.0	45
Quadro 10- Etapas de desenvolvimento do equipamento IoT para Educação	54
Quadro 11- Componentes do equipamento	56
Quadro 12- Análise de resultados: Praticidade	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- percentual de aproveitamento do equipamento proposto	51
Tabela 2- Dados demográficos	64
Tabela 3- Dados do experimento.	67
Tabela 4- Analise das reações conforme Donald Kirkpatrick	79
Tabela 5- teste de conhecimento de internet das coisas	80
Tabela 6- Dados do experimento	82
Tabela 7- Estatísticas de amostras emparelhadas	83
Tabela 8- Correlação de Pearson entre as duas condições	83
Tabela 9- <i>Paired samples test</i>	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Delimitação do tema.....	2
1.2 Problema e perguntas de pesquisa.....	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Justificativa.....	3
1.5 Estrutura do trabalho	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 Evolução Industrial	6
2.1.1 A primeira evolução industrial: Indústria 1.0	6
2.1.2 A segunda evolução industrial: Indústria 2.0	6
2.1.3 A terceira evolução industrial: Indústria 3.0	7
2.1.4 Indústria 4.0	7
2.1.4.1 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0	9
2.2 Evolução da educação	15
2.2.1 Educação 4.0	16
2.2.1.1 Equipamentos para Educação 4.0	19
2.3 Equipamentos tecnológicos para educação 4.0	26
2.4 Proposições e hipótese científica	30
3. METODOLOGIA	34
3.1 Instrumento de coleta de dados para o desenvolvimento do equipamento IoT proposto	35
3.2 Procedimentos para utilização do equipamento IoT num caso real.....	38
4. EQUIPAMENTO IoT PROPOSTO	41
4.1 Identificação de equipamento para educação 4.0	41
4.1.1 Descrição dos equipamentos selecionados na literatura	46
4.2 Variáveis do equipamento IoT proposto	51

4.3 Desenho do fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto.....	53
4.4 Construção do equipamento IoT proposto	55
4.5 Comunicação do equipamento IoT com nuvem	58
5. UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO IoT NUM CASO REAL	66
5.1 Experimento	67
5.2 Análises de dados	76
5.2.1 Triangulação dos resultados das análises qualitativas	76
5.2.2 Teste de hipótese em teste- t	84
6. CONCLUSÃO	89

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é uma expressão que engloba algumas tecnologias para automação e troca de dados que utilizam conceitos de sistemas ciber-físicos, *internet of things* - IoT e computação em nuvem (XU, 2018). Neste contexto, muitos setores se envolvem com as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, inclusive o setor educacional (VINITHA, 2020).

Concomitantemente, a educação está envolvida na indústria 4.0 com objetivo de preparar os alunos para o futuro. O termo utilizado é, educação 4.0 e tem como premissa, oferecer aprendizagem com uso de metodologia ativa (PETER FISK, 2017). A metodologia ativa, é o processo educacional interativo que busca desenvolver os alunos por meio da imersão em experiências reais ou simuladas (GOMES, 2010).

Na literatura esse fenômeno está alinhado ao conceito de equipamentos tecnológicos. O termo equipamentos tecnológicos analogamente à indústria 4.0 e educação 4.0, pode melhorar no aprendizado do aluno e conseqüentemente prepará-lo para o mercado de trabalho (DIAS, 2013). Por definição, equipamentos tecnológicos são recursos didáticos que facilitam a resolução de atividades e que trazem mais interatividade e praticidade para dentro das salas de aula (MARGOLIS, 2020).

Diante disso, os equipamentos tecnológicos dispõem de algumas tecnologias que contribuem para seu desempenho. A IoT é uma delas e tem sido a mais promissora para ser aplicada na educação 4.0 (DAUD *et al.*, 2019). As escolas podem utilizar a IoT como uma ferramenta de apoio para aprendizagem dos alunos. Para isso, as escolas deverão se preparar para atender as eficiências da indústria 4.0, trazendo mais recursos para os alunos e treinando os professores (GRIECO, 2017).

Para a realização dessa pesquisa, foi selecionado o setor educacional brasileiro, pela sua relevância na sociedade contribuindo para a formação cidadã dos estudantes. Foram abordados os temas indústria 4.0 e IoT, de forma a verificar a relação com a educação 4.0 e os equipamentos tecnológicos.

1.1 Delimitação do tema

O propósito das tecnologias da indústria 4.0 é resolver alguns dos desafios que são enfrentados hoje, como eficiência de recursos e energia, produção urbana e mudança demográfica, com isso, a indústria 4.0 permite ganhos contínuos de produtividade e eficiência de recursos (SANTOS, 2018).

Já o propósito da educação, é a constituição e formação humana, permitindo que o indivíduo se define e evolua, construindo e transformando a si mesmos e a natureza (DUARTE, 2013). Contudo, processos educacionais, orientados por demandas de mercado, estão sendo usados como ferramentas para moldar subjetividades com vistas a atender à uma classe dominante (KUENZER, 2002). No contexto de educação 4.0, os equipamentos tecnológicos podem auxiliar neste processo de aprendizagem e melhorar a metodologia de ensino (THOMPSON, 2010).

Diante desses fatores, motivou-se a delimitar o campo de estudo dessa pesquisa às tecnologias da indústria 4.0 no contexto de educação, com o objetivo de apresentar com base na literatura, equipamentos tecnológicos que podem ser utilizados em sala de aula, a fim, de propor um equipamento e testá-lo em uma situação real.

1.2 Problema e perguntas de pesquisa

Foram identificadas cinco pesquisas que relacionam equipamentos tecnológicos em sala de aula. Geralmente, os artigos que mencionam sobre educação 4.0 não tem como proposta um equipamento tecnológico, mas sim, apresentar a relevância da educação 4.0 para a sociedade. As seguintes pesquisas (Makarova (2016); Lyalina *et al.*, (2011); Poongothai (2019); Rubio *et al.*,(2018); Jiménez (2018)) apresentaram equipamentos para serem implantados com foco na inserção da tecnologia em sala de aula.

Os equipamentos encontrados na literatura são equipamentos tecnológicos, porém não possuem relação clara com as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, ao analisar as variáveis dos equipamentos encontrados na literatura, pode-se notar que os componentes fazem parte da indústria 3.0. Por mais que os autores mencionam sobre equipamentos tecnológicos em seus artigos, não foi possível encontrar em palavras-chave o termo educação 4.0.

Outro ponto, os equipamentos apresentados não possuem resultados de aplicações em sala de aula, sendo assim, não deixou claro se os equipamentos tecnológicos podem ou não auxiliar no aprendizado do aluno.

Na literatura sobre educação 4.0, é discutido o uso da IoT como uma das tecnologias da indústria 4.0 adequada para inserção da educação 4.0 em sala de aula, porém os cinco artigos analisados não mencionam a tecnologia IoT, mas sim, automação. Sendo assim, é possível verificar a ausência de estudos que realizam uma análise sobre equipamentos tecnológicos com foco na quarta evolução industrial. Com base nessa lacuna identificada e na delimitação desse estudo sobre equipamentos IoT para apoio na implementação da educação 4.0, são sugeridas as seguintes perguntas:

- i. Como são os equipamentos tecnológicos utilizados para apoio na implementação da educação 4.0?
- ii. Existe uma relação da tecnologia IoT no aprendizado dos alunos?

1.3 Objetivos

Geral:

O objetivo geral desta pesquisa é propor um equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0.

Específicos:

- i. Identificar na literatura equipamentos que usem IoT para educação 4.0;
- ii. Desenvolver o equipamento usando IoT;
- iii. Testar a influência do equipamento IoT no aprendizado dos alunos numa situação real.

1.4 Justificativa

Desde 2000 os avanços tecnológicos começaram a ser amplamente discutidos na literatura de educação. Com isso, o desenvolvimento das técnicas e das reformulações na ocupação dos espaços, podem ser identificadas no processo de aprendizado, baseada em erros e acertos que fomentam a construção das sociedades. Com o advento da era tecnológica, inicia-se o que pode ser denominado

como processo de aceleração do acesso à informação. Dessa forma, o conhecimento passa de uma etapa individualizada para pública, através das tecnologias digitais (WEYER, 2015).

Dessa maneira, a tecnologia vem adquirindo cada vez mais relevância no cenário educacional, sua utilização como instrumento de aprendizagem e sua ação no meio social vêm aumentando de forma rápida nos diversos setores da sociedade (GUERRA, 2017). Na educação, Peter Fisk (2017) menciona a metodologia utilizada para adquirir conhecimentos em tecnologia, que é o método de aprendizagem ativa. Na aprendizagem ativa o uso de equipamentos tecnológicos renova os ambientes de ensino, trazendo um novo conceito e recurso didático, que tornam o aprendizado mais interativo e dinâmico, otimizando o papel do professor.

Além disso, os equipamentos tecnológicos em sala de aula auxiliam no processo de aprendizagem, com testes focados em disciplinas específicas. Com esses equipamentos o aluno pode realizar experiências e simular atividades práticas, além de ser uma forma diferente de aprender (VIANA *et al.*, 2019).

Assim, pressupõe-se que as escolas deverão assumir uma posição diante das novas tecnologias, abrindo seus espaços educativos para didaticamente promover a experimentação por parte dos alunos e cada vez mais aproximá-los da realidade atual. Dessa maneira, é concebível a utilização de ferramentas pedagógicas como recurso facilitador (MOREIRA *et al.*, 2011).

Dessa forma, justifica-se a realização dessa pesquisa que consiste em propor um equipamento IoT para ser utilizado em sala de aula a fim apoiar a implementação da educação 4.0.

1.5 Estrutura do trabalho

Esse trabalho é subdividido em 6 capítulos, conforme a seguinte descrição:

Capítulo 1- Introdução, neste capítulo apresenta-se a contextualização, a delimitação do tema, a identificação dos problemas e elaboração das perguntas de pesquisa, os objetivos, as justificativas e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2- Referencial teórico, trata dos textos dos principais assuntos relacionados ao tema da dissertação, relacionando-os para obtenção do equipamento IoT proposto.

Capítulo 3- Metodologia, neste capítulo explica os procedimentos e métodos adotados para realização dessa pesquisa.

Capítulo 4- Equipamento IoT proposto, neste capítulo apresenta-se o equipamento IoT, suas variáveis, desenho do fluxo do trabalho, componentes e a comunicação.

Capítulo 5- Utilização do equipamento IoT num caso real, neste capítulo apresenta os resultados da pesquisa de campo.

Capítulo 6- Conclusões

As referências bibliográficas finalizam o presente trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico tem como objetivo contextualizar e dar sustentação aos termos e conceitos utilizados no âmbito do presente trabalho.

2.1 Evolução Industrial

No século XVIII foi o período de desenvolvimento tecnológico que se espalhou pelo mundo, permitindo vários avanços e transformações e principalmente, agilizando procedimentos, bem como acelerar e ampliar o processo produtivo (VINITHA *et al.*,2020).

2.1.1 A primeira evolução industrial: Indústria 1.0

O primeiro período da evolução Industrial cerca de 1760 ficou marcada pelo uso da energia a vapor e pela mecanização da produção (WRIGLEY, 2018). O fator que propiciava pequenas produções, eram inviáveis diante de uma população que crescia rapidamente. Além disso, produzir mais rápido e em maior quantidade era a essência do capitalismo, que tinha como objetivo principal a obtenção de lucros (SCHWAB, 2019). Desta forma, a versão mecanizada incluiu a transição de métodos de produção artesanais para a produção por máquinas que fossem capazes de atingir oito vezes mais a produção do que os métodos convencionais (VINITHA *et al.*,2020).

Contudo, a primeira evolução industrial ocasionou um marco nos setores como: têxtil, ferro, vapor, energia, produtos químicos, cimento, iluminação a gás, fabricação de vidro, agricultura, máquina de papel, transporte, mineração, e outros desenvolvimentos (SOUZA, 2020).

2.1.2 A segunda evolução industrial: Indústria 2.0

A segunda fase da evolução industrial é a industrialização, que começou no final do século XIX no início do século XX (JULL, 1999). O foco principal da indústria 2.0 é a fabricação em massa e o desenvolvimento de máquinas e ferramentas que adotam novas tecnologias como energia, telefones, motor de combustão, redes ferroviárias, gás, telégrafo, esgoto e abastecimento de água (DUARTE, 2011).

O principal contribuinte para esta evolução foi o desenvolvimento de máquinas que funcionam com energia elétrica e essas máquinas elétricas eram mais eficientes para operar e manter, tanto em termos de custo quanto de esforço, ao contrário das máquinas à base de água e vapor, que eram carentes de recursos (MOKYR, 1998).

Ainda na segunda evolução industrial, foi desenvolvido a primeira linha de montagem, agilizando o processo de produção em massa que tornou-se uma prática padrão (WRIGLEY, 2018).

2.1.3 A terceira evolução industrial: Indústria 3.0

A terceira evolução industrial começou na década de 1970 por meio da automação parcial usando computadores nas linhas de produção. Nessa evolução a indústria iniciou a automação no setor de produção e teve um crescimento na área de engenharia (SAKURAI, 2018).

A indústria 3.0 envolveu o uso da eletrônica e da tecnologia da informação para aumentar a automação na produção que avançou consideravelmente devido ao acesso à Internet e conectividade (ZAKOLDAEV *et al.*, 2020). Nos processos produtivos, o uso dos processadores lógicos e tecnologia da informação permitiu o trabalho em parte sem interferência humana (VINITHA *et al.*, 2020).

Contudo, essa evolução foi marcada pela criação de tecnologias sofisticadas, que impactou diretamente o fluxo de trabalho nas indústrias: melhora o desempenho e a produtividade, participa ativamente da criação de produtos de melhor qualidade, estimula a informatização das empresas e demonstra a importância de trabalhar com dados (SCHWAB, 2019).

2.1.4 Indústria 4.0

A indústria 4.0 começou no século XXI em 2011 a partir de um projeto de alta tecnologia do governo alemão na Feira de Hannover (XU, 2018). O objetivo da quarta evolução industrial é a união entre ativos físicos e tecnologias digitais avançadas, como IoT, Inteligência Artificial (IA), robôs, drones, veículos autônomos, impressão 3D, computação em nuvem e outros, que estão interligados, tendo a possibilidade de comunicar, analisar e agir (ZHONG, 2017).

A indústria 4.0 também está relacionada com os conceitos de fábrica inteligente, que tem como objetivo a descentralização dos processos, no qual, o aprendizado permite que os sistemas tomem suas próprias decisões baseadas em repetições de padrões e programação de modelos (LEE, 2015).

Weyer (2015), destacou quatro características pelas quais a indústria 4.0 é vista como revolucionária na tecnologia da informação e operações, voltadas à manufatura e aos negócios:

- i. A indústria 4.0 atenua a carga dos desafios para os fabricantes, a fim de tornar as empresas mais flexíveis e receptivas às tendências de negócios. Entre esses desafios estão o aumento da volatilidade do mercado, ciclos de vida mais curtos dos produtos, maior complexidade e cadeias de suprimentos globais, assim como inteligência e flexibilidade para a produção.
- ii. A indústria 4.0 permite a transformação da economia moderna para se tornar inovadora e aumentar a produtividade, em que o uso de novas tecnologias como, sistemas inteligentes e IoT podem contribuir para acelerar as inovações, na medida em que novos modelos de negócios possam ser implementados de forma rápida.
- iii. A Indústria 4.0 destaca o papel do consumidor como co-produtor e os coloca no centro das atividades personalizadas dos produtos.
- iv. A indústria 4.0 permitirá a prosperidade sustentável, por meio do uso de tecnologias modernas, para encontrar soluções para os desafios relacionados à energia, uso de recursos naturais, meio ambiente e impactos sociais e econômicos.

No Brasil, uma pesquisa feita em 2017 pela CNI- Confederação Nacional da indústria com 2.255 empresas constatou que o Brasil ainda se encontra em um lento processo de implantação da indústria 4.0, em que o cenário demonstrado pelas estatísticas , mostrou que 57% desconhecem as tecnologias específicas; e dentre 43% que conheciam, 66% não apresentavam interesse devido aos altos custos, conforme (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2017).

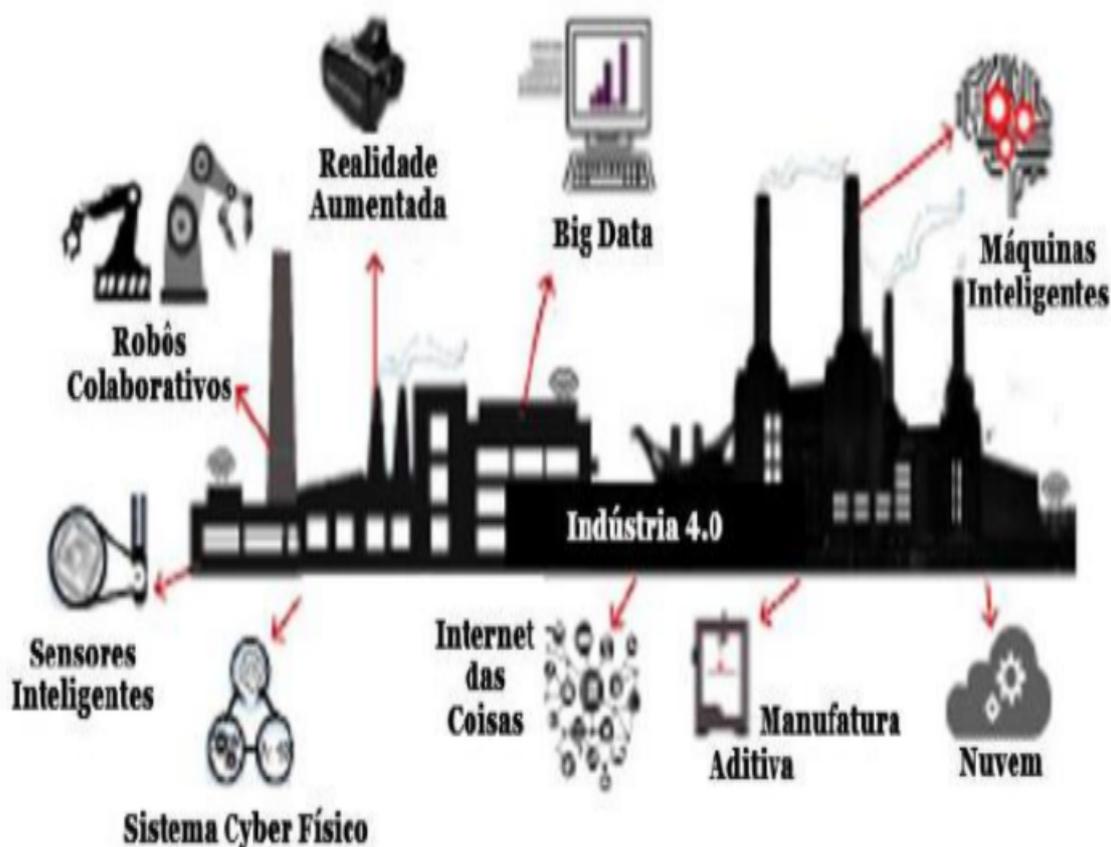
Para Vasconcelos (2017) esse processo vagaroso na implantação da indústria 4.0 é devido aos custos inerentes aos investimentos para implantação das tecnologias voltadas à indústria 4.0. Outras dificuldades enfrentadas, são a adaptação de layouts de fábricas, dinâmicas de processos e de gerenciamento da produção

entre empresas, bem como a delegação de novas responsabilidades específicas. O autor ainda menciona que, para contornar os problemas citados e evitar quaisquer desigualdades no aspecto de concorrência, é esperado que empresas se antecipem para a implantação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

2.1.4.1 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0

Segundo Chhetri *et al.*, (2017), para que os resultados esperados da indústria 4.0 sejam atingidos, é importante que sejam combinados em 9 tecnologias habilitadoras, conforme ilustrados na figura 1.

Figura 1-Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0



Fonte: Chhetri *et al.*, (2017).

Internet das coisas (IoT):

O termo internet das coisas é a tradução de *Internet of Things* (IoT), que define a flexibilidade em interligar diversos objetos e máquinas através da Internet e mediante a utilização de sensores capazes de calcular todas informações requeridas (LI *et al.*, 2015). As diversas aplicações possíveis compreendem desde os objetos de entretenimento até processos industriais, sendo que, essas tecnologias vêm a ser cada vez mais desejáveis por facilitar de forma versátil, o acesso às informações (GUBBI, 2013).

A IoT inicialmente teve o intuito de melhorar a eficiência das operações, porém a gama de possibilidades de crescimentos foram evidentes, dado que com o passar do tempo, as empresas usaram estes conceitos para inovar modelos de negócios por meio das tecnologias inteligentes e para proporcionar um aumento das receitas, que permitiu melhorar eficiência na automação e flexibilidade da produção e, incremento na produtividade (AL-FUQAHA, 2015). O autor ainda menciona que um dos focos da IoT é a otimização da manutenção preditiva, a qual, promove uma economia sobre manutenção planejada, reduzindo os custos totais de manutenção e diminui quebras de máquinas e equipamentos.

Os sistemas de automação e controle industrial (IACS- *industrial automation and control systems*), juntamente com os sistemas de Tecnologia Operacional (OT- *operational technology*), se integram aos sistemas denominados cibefísico, que são empregados em diversos setores, incluindo manufatura, transporte, serviços públicos; e diversos outros setores (MIORANDI, 2012).

O termo IoT apareceu pela primeira vez no ano de 1999 em um artigo do cientista britânico Kevin Ashton e sua aplicação foi definida quando os equipamentos são conectados em ambientes de consumo domésticos, comerciais e industriais (MIORANDI, 2012). As definições atuais de IoT implicam a uma abordagem semelhante à arquitetura de alto nível de um sistema, o termo IoT não é usualmente empregado para se referir às tecnologias digitais na indústria, mas a análise de arquiteturas de sistemas alternativos, incluindo a localização e natureza do processamento de dados ou informações e problemas associados ao desempenho e segurança (GUBBI, 2013).

Assim, para o setor industrial é empregado o termo IIoT- *Industrial Internet of Things*, com objetivo de melhorar as definições existentes da IoT e de propor uma

estrutura para componentes da IIoT como a implantação de tecnologias da IoT em ambientes industriais (DA XU *et al.*, 2014). As definições da IIoT são para aplicativos industriais e componentes inteligentes, complementa o mesmo autor. O quadro 1 fornece as definições do termo IIoT.

Quadro 1- Definições para o termo IIoT

Definições de IIoT	Referências
A IIoT corresponde a um grupo de infraestrutura, interconectando objetos e permitindo seu gerenciamento, mineração de dados e acesso aos dados. Os objetos conectados são sensores e/ou atuadores que executam funções específicas capazes de se comunicar com outros equipamentos.	Da Xu <i>et al.</i> , (2014)
O termo IIoT refere-se à extensão da conectividade de rede e capacidade de comunicação de objetos, dispositivos, sensores e itens, que normalmente não são considerados computadores. Esses objetos inteligentes requerem intervenção humana para gerar, trocar e consumir dados.	Perera (2013)
A IIoT representa um cenário no qual todo objeto, ou coisa, é incorporado a um sensor e é capaz de comunicar automaticamente com outros objetos e sistemas automatizados no ambiente.	Gubbi (2013)

Fonte: Dados da pesquisa.

Big data:

O *big data* tem o objetivo de estudar como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados grandes para serem analisados por sistemas tradicionais (CHEN *et al.*, 2022). O mesmo autor complementa que o *big data* permite a análise e separação entre o que é importante do menos importante, e o sistema realiza suas próprias conclusões. De acordo com as definições de Ahmed *et al.*, (2018) o *big data* consiste em quatro dimensões, ou seja, 4V:

- i. **Volume** (quantidade de dados) – O conceito de *big data* refere-se a conjuntos de dados cujo o tamanho excede a capacidade das ferramentas comuns de coleta, armazenamento, gerenciamento e análise, e está conectado aos recursos tecnológicos para gerenciar esses dados.
- ii. **Variabilidade** (variedade de dados) – São os sistemas transacionais, os sites de redes sociais ou Internet. Esses dados mudam dinamicamente e são muito desestruturados, o que significa que não são adequados às formas tradicionais

de análise, que incluem, por exemplo, qualquer documento, contrato, sons gravados, imagens da organização são também organizados e guardados no *big data*.

- iii. **Velocidade** (a velocidade de geração de novos dados e análise) - A análise de dados é realizada em *big data* quase que em tempo real, pois os tratamentos dos dados em constante fluxo e mudança precisam ser implementados continuamente.
- iv. **Valor** (dados de valor) – O objetivo geral é isolar toda a massa de informação para que os resultados reflitam as condições reais e levem às atividades empresariais mais favoráveis.

Computação em Nuvem ou *Cloud computing*:

A computação em nuvem é um novo modelo de computação emergente que move todos os dados e as aplicações dos usuários para centros de armazenamento (SINGH, 2013). Essa tecnologia permite armazenar, exibir, compartilhar e excluir arquivos, documentos, fotos, vídeos, contatos e aplicativos, a partir de um ambiente digital em qualquer lugar e a qualquer hora do dia, desde que haja uma conexão estável com a internet (LEE, 2013).

A infraestrutura do ambiente de computação em nuvem normalmente é composta por um grande número de máquinas físicas, conectados por meio de uma rede em que os dados são dispostos, em sistemas de armazenamento distribuídos (SINGH, 2013).

O armazenamento e acesso às informações são estocadas usualmente de forma local, em unidades de memórias diretamente ligadas ao *hardware* das máquinas (LEE, 2013). A computação em nuvem pode compartilhar os dados armazenados e também permitir a melhora na velocidade e obtenção de soluções para situações específicas, mesmo que fisicamente localizados em lugares distintos no mundo, considerada a elevação do poder do processamento quando feito em conjunto (GROZEV, 2014). Nesse contexto, a computação em nuvem oferece muitas vantagens aos usuários em termos de redução de custo, eliminação das funções administrativas do sistema, maior flexibilidade, melhor confiabilidade e localização independente (SINGH, 2013).

Manufatura Aditiva:

A Manufatura Aditiva é composta por métodos de fabricação de produtos via impressão 3D, que imprime objetos através da sobreposição progressiva de um material e cria objetos tendo como base um modelo digital (FRAZIER, 2014).

A vantagem desta tecnologia é que ela permite a produção de peças complexas, muitas das quais não podem ser produzidas por outros métodos de fabricação, sendo assim, a fabricação de objetos físicos a partir de um modelo digital, permite a criação de geometrias mais complexas e detalhadas (DEBROY, 2018).

Segundo Gu *et al.*, (2012) a manufatura aditiva é a consolidação das peças dentro do processo produtivo, e se dá devido às restrições dos métodos de fabricação tradicionais, alguns componentes complexos são geralmente separados em várias partes para facilitar a fabricação e montagem. Essa situação é modificada pelo uso de tecnologias de fabricação aditiva.

Inteligência Artificial:

A Inteligência artificial (IA) se refere amplamente a qualquer comportamento semelhante ao do humano apresentado por uma máquina ou sistema (SILVER, 2016). Essa tecnologia permite que os computadores sejam programados para simular o comportamento humano usando dados extensivos de exemplos anteriores e de comportamento similar (YANG, 2019).

Existe uma variedade de subcampos que a inteligência artificial (IA) engloba, desde do uso geral, como aprendizado e percepção, até tarefas específicas como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, e diagnóstico de doenças. A inteligência artificial automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana (RUSSEL, 2004).

Os algoritmos de IA são capazes de aprender com os dados, eles podem se aprimorar aprendendo novas heurísticas que funcionaram bem no passado, ou eles podem escrever outros algoritmos (POOLE, 1998).

No estudo de Russel (2004), que inclui outros quatro autores: John McCarthy, Marvin Minsky, Raj Reddy, confirmam que a Inteligência Artificial pode ser definida em quatro linhas de pensamento: sistemas que pensam como seres humanos; sistemas que atuam como seres humanos; sistemas que pensam racionalmente, e sistemas que atuam racionalmente.

Realidade aumentada:

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia, que combina elementos do mundo real com elementos virtuais em 3D, permitindo a interatividade entre objetos reais e virtuais em tempo real (SCHUEFFEL, 2017). Em termos de funcionalidade, RA é uma simulação que usa o computador para criar uma visão do mundo real e responder instantaneamente quando o movimento do usuário é detectado, portanto, o ambiente é predominantemente virtual e o usuário é inserido neste contexto (PHAN, 2022). No Brasil, a realidade aumentada se destaca na pesquisa de jogos, brinquedos e atividades lúdicas, evidenciando aspectos históricos, as relações de gênero e sua utilização como recurso nos processos de ensino e aprendizagem (RABBI, 2013).

Ciber-físicos:

Os sistemas ciber-físicos são caracterizados pela estreita integração e coordenação entre a computação embarcada e as variáveis físicas, que interagem com o sistema por meio de sensores e atuadores (REDDY, 2014). Segundo Pasqualetti (2013) o interesse em estudar os sistemas ciber-físicos é devido ao aumento da popularidade dos smartphones móveis. As plataformas de smartphone são sistemas ciber-físico móveis ideais por vários motivos, incluindo:

- i. Recursos computacionais significativos, como capacidade de processamento, armazenamento local.
- ii. Vários dispositivos de entrada / saída sensorial, como telas sensíveis ao toque , câmeras, alto-falantes, microfone, sensores diversos.
- iii. Vários mecanismos de comunicação, como WiFi , 4G , Bluetooth para dispositivos de interconexão com a Internet ou outros dispositivos.
- iv. Linguagens de programação de alto nível que permitem o rápido desenvolvimento de *software* de nó móvel, como *Java* ou *JavaScript*.
- v. Mecanismos de distribuição de aplicativos prontamente disponíveis, como *Google Play Store* e *Apple App Store*.
- vi. Manutenção e conservação do usuário final, incluindo recarga frequente da bateria.

Smart Factory:

O conceito de *Smart Factory*, também conhecido como fábrica inteligente, pode ser apresentado como uma fábrica equipada com sensores e dispositivos interligados que buscam coletar e controlar dados de produtos e serviços em tempo real (HERRMANN, 2018).

Para Lee *et al.*,(2018), o conceito de *smart factory* pode ser apresentado como uma solução de fabricação, que fornece flexibilidade e processos de produção adaptativos que resolverão os problemas em uma instalação de produção, com dinâmica e rápida mudança de condições de fronteira em um mundo de crescente complexidade. Já para Wang (2016), a *smart factory* é uma profusão de tecnologias aplicadas ao ambiente de produção, que nomeia de megatendências, entre elas, ciber-físicos, IoT, impressoras 3D, robôs, inteligência artificial, *big data* entre outras.

2.2 Evolução da educação

Os principais avanços tecnológicos na educação se deram principalmente com abertura e acessibilidade de materiais através do espaço digital (SALMON, 2019). No quadro 2 é exposto a evolução da educação, desde a educação 1.0 até a educação 4.0.

Quadro 2- Evolução da Educação

	Educação 1.0	Educação 2.0	Educação 3.0	Educação 4.0
Característica	A educação 1.0 começou no século XII com base em uma educação cristã. As aulas aconteciam nas próprias igrejas onde o aluno aprendia sobre as escrituras da bíblia.	A educação 2.0 começou no século XVIII com base em um ensino em massa. O modelo industrial proposto por Taylor, não só influenciou os processos produtivos como também impactou as metodologias de ensino e de aprendizagem nas escolas.	O conceito educação 3.0 surgiu no ano de 2007, no qual, foi marcada pelo frequente uso de ferramentas digitais em sala de aula, no que possibilitou alterações nos modos de ensinar e de aprender.	A educação 4.0 tem como objetivo oferecer uma aprendizagem com uso de metodologias ativas. Na educação 4.0 aparece o conceito <i>learning by doing</i> que traz a ideia de que o aprendizado acontece de forma rápida por meio de experiências práticas.
Referência	Belloni (2003)	Makrides (2019)	Kinal (2021)	Luo (2020)

Fonte: Dados da pesquisa.

Após a primeira evolução industrial ocorrida no final do século XVIII, o setor educacional proliferou, iniciando o período de educação 1.0 (LUO, 2020). A educação 1.0 caracterizou-se pela mecanização de sistemas que resultou no surgimento de tecnologias para educação, como a máquina de fazer papel, impressão mecânica, lápis de grafite, caneta esferográfica e a máquina de escrever (MIRANDA, 2021).

A educação 2.0 coincidiu com a segunda evolução industrial no início do século XX, caracterizada pela produção em massa, industrialização e eletricidade (SALMON, 2019). O avanço tecnológico na educação 2.0 trouxe contribuições relevantes para este setor, e os primeiros equipamentos eletrônicos utilizados na educação eram as impressoras, calculadoras e computadores (HAN, 2019).

A educação 3.0 surgiu na terceira evolução industrial no final do século XX, caracterizada pela informatização, automação e controle (SALINAS *et al.*, 2019). Os processos de aprendizagem foram apoiados por vários recursos, como multimídia, ferramentas online e laboratórios virtuais para construir seus conhecimentos (LUO, 2020).

Atualmente, a quarta evolução industrial e as tecnologias e procedimentos pedagógicos inovadores, caracterizam esse período como educação 4.0 (SEABRA, 2021). A transição da educação 1.0 para o atual paradigma industrial e educacional da educação 4.0 permitiu que educadores e alunos aproveitassem a infraestrutura moderna e tecnologias para melhorar os procedimentos pedagógicos do ensino superior (LUO, 2020).

2.2.1 Educação 4.0

Para que a humanidade esteja preparada para os desafios da quarta evolução tecnológica é fundamental a educação nesta fase (HUSSIN, 2018). Desses argumentos, a educação 4.0 é o período atual em que as instituições de ensino aplicam novos métodos de aprendizagem, ferramentas didáticas e de gestão inovadoras e infraestrutura inteligente para melhorar os processos de aprendizagem. Existem algumas formas de inserir a tecnologia em sala de aula como, por exemplo, a adoção de ambientes virtuais, ferramentas de comunicação e equipamentos como lousa digital, computadores e tablets e equipamentos tecnológicos (PERUZZINI, 2017). A combinação desses recursos durante os processos de ensino-

aprendizagem apoiará o treinamento e o desenvolvimento de competências críticas desejáveis nos alunos de hoje (PERUZZINI,2017).

O conceito de educação 4.0 permitiu que professores e alunos aproveitassem a infraestrutura moderna e as tecnologias emergentes da indústria 4.0 para melhorar os procedimentos pedagógicos do ensino superior (VINITHA,2020). Nesse sentido, as abordagens pedagógicas também estão evoluindo e reorientando seus paradigmas para a inovação em seus processos de formação para atender às necessidades de uma sociedade tecnológica em constante mudança (BAENA, 2017). Assim, considera-se que a educação 4.0 promove a autoaprendizagem baseada em princípios humanistas e construtivistas centrados no aluno para aprender e ensinar (MIRANDA, 2021). Além disso, devido aos avanços tecnológicos e à evolução da internet que favoreceram também o sistema de ensino, Daud *et al.*, (2019) definem educação 4.0 como estratégias de aprendizagem promovidas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação- TICs que oferecem experiências de aprendizagem. Esses avanços tecnológicos, permitem enfrentar as necessidades e desafios atuais que estão principalmente relacionados à criação de programas e ambientes que incorporem esses procedimentos.

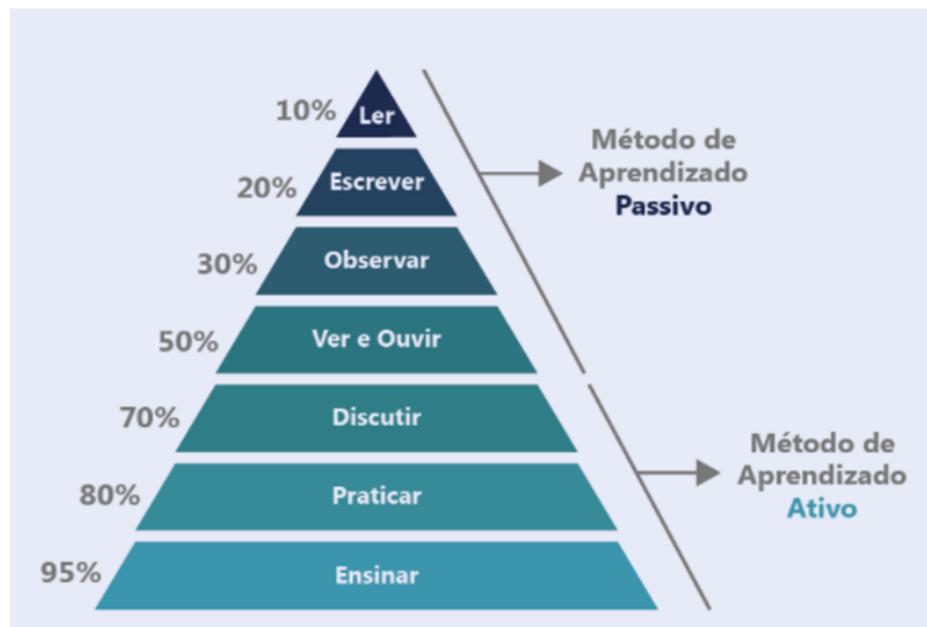
Com esses avanços, os alunos podem estar imersos em ambientes de aprendizagem adequados que permitirão melhorar seus processos de aprendizagem e o treinamento e desenvolvimento de competências críticas, permitindo que os alunos estejam preparados para cenários futuros (GRIECO, 2017).

No artigo sobre *Learning 4.0* Peter Fisk (2017) discute duas metodologias de ensino que vêm sendo estudadas no contexto da educação 4.0. Os métodos que se destacaram foram Método de aprendizagem passiva e método de aprendizagem ativa.

- i. Método de aprendizagem passiva: a aprendizagem passiva inclui os conceitos e competências e variados conhecimentos voltados à indústria 4.0. De forma, a trabalhar todos esses aspectos, os alunos com o auxílio do professor podem elaborar trabalhos experimentais para melhor compreender os conceitos trabalhados.
- ii. Método de aprendizagem ativa: Na aprendizagem ativa o estudante coloca em prática tudo que foi abordado em seu treinamento. Assim, é possível entender como o conteúdo acadêmico funciona no dia a dia de uma empresa.

Por meio de vários estudos feitos na área de educação, chegou-se à conclusão de que, entre os meios utilizados para adquirir conhecimento, há alguns cujo processo de assimilação ocorre facilmente. Desse modo, Peter Fisk (2017) menciona em seu artigo a teoria do psiquiatra americano William Glasser para explicar como as pessoas geralmente aprendem e qual é a eficiência dos métodos nesse processo conforme Figura 2.

Figura 2- Pirâmide da aprendizagem de William Glasser



Fonte: Peter Fisk (2017).

De acordo com essa teoria, os alunos aprendem cerca de:

- 10% lendo;
- 20% escrevendo;
- 50% observando e escutando;
- 70% discutindo com outras pessoas;
- 80% praticando;
- 95% ensinando.

Conforme a figura 2 é possível observar, que os métodos mais eficientes estão inseridos na metodologia ativa, afirma (PETER FISK, 2017). Dentro da metodologia ativa, a educação 4.0 tem a premissa de fazer com que o aluno aprenda fazendo. Trata-se de um conceito que faz parte do modelo *learning by doing*, trazendo resultados por meio da inovação no processo educacional. Por fim, com base na revisão da literatura foi possível identificar os autores que defendem o uso das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 no conceito experimental ativa, sendo eles: Al-Fuqaha *et al.*, (2015); Brusilovsky (2019); Brown & Burton. (2015); Gubbi (2013); Huh (2017); Jiménez *et al.*, (2018); Lei *et al.*, (2013); Lyalina *et al.*, (2011); Makarova e Langmann (2016); Mostefaoui *et al.* (2017); Ozdamar e Cavus (2011);Rubio *et al.*, (2018);Viegas *et al.*, (2018); Margolis (2020); Poongothai (2019); Dolog *et al.*, (2014).

2.2.1.1 Equipamentos para Educação 4.0

Com base na seção anterior sobre a metodologia experimental ativa, os modelos apresentados no quadro 3 foram encontrados através de um método de pesquisa que utiliza a literatura como principal fonte de dados para um determinado tema, conhecida como, Revisão da Literatura (SAMPAIO & MANCINI, 2007). Para a elaboração dos caminhos metodológicos percorridos foram utilizadas, como referências para esta pesquisa, a busca por artigos na base de dados *Web of Science-WoS*, sobre o tema de educação 4

Quadro 3- Tecnologias utilizadas como apoio para educação 4.0

Referências	Objetivo do estudo	Descrição do modelo	Tecnologia da indústria 4.0 utilizada
Margolis (2020)	Apresentar uma nova implementação da tecnologia <i>Smart Lab</i> para introdução de laboratórios de programação de computadores.	Modelo: <i>Smart Lab</i> : Foi destinado a tornar o laboratório de informática fonte de um melhor ambiente para alunos e instrutores, durante o desempenho das tarefas de programação.	Sensores
Brusilovsky (2019)	Apresentar tecnologias adaptáveis e inteligentes em um contexto da educação à distância.	Modelo: Hipermídia: É um modelo de planejamento instrucional baseado na Web para educação à distância. A modelo hipermídia é uma mídia de leitura não linear que contém imagens, sons, texto e como elementos de um sistema de hipertexto.	IoT
Viegas <i>et al.</i> , (2018)	Apresentar um modelo de laboratório remoto.	Modelo: Remote lab: É um modelo onde os alunos podem ter acesso a experimentos através do uso da Internet.	IoT

Rubio <i>et al.</i> , (2018)	Apresentar equipamento de recomendação para a aprendizagem acadêmica.	Modelo TEL- Tecnologia melhorada para aprender em comunidade: É um modelo onde o aluno usa ferramentas tecnológicas para auxiliar nas atividades acadêmicas.	IoT
Dias (2013)	Estudar o processo de aprendizado em duas etapas: 1) a recepção de informações; 2) o processamento de informações.	Modelo Kolb: Baseado nos modelos de aprendizado de Kolb (1984), que é um processo de aprendizagem com base um ciclo contínuo de quatro estágios: a) experiência concreta (agir), b) observação reflexiva (refletir), c) conceitualização abstrata (conceitualizar), d) experimentação ativa (aplicar).	Conceitos sobre IoT
Drachsler <i>et al.</i> , (2017)	Estudar os elementos da Indústria inteligente.	Modelo Fábrica de aprendizagem: Foi desenvolvido uma fábrica de aprendizagem na Universidade, com intuito de mostrar a integração do chão de fábrica, em um ambiente de produção, com automação eficiente e sistemas de informações com cobertura em um ambiente de produção.	<i>Smart Factory e IoT</i>

Makarova e Langmann (2016)	Construção de cinco centros de formação.	Modelo kit de treinamento móvel: Para a construção dos cinco centros de formação foi utilizado <i>Smart laboratories</i> , no qual, foi desenvolvido com objetivo de fornecer formação certificada em tecnologias de automação e operações de controle, e soluções nas áreas da automação industrial.	IoT e Sensores
Brown & Burton (2015)	Apresentar um laboratório remoto dentro do ensino superior.	Modelo Smart Lab: Foi desenvolvido um laboratório remoto para que os alunos possam controlar dispositivos físicos em tempo real e obter dados do experimento físico.	IoT e Sensores
Dolog <i>et al.</i> , (2014)	Testar a influência do IoT dentro do ensino.	Modelo Smart Lab: Consiste no uso de sensores para o funcionamento da IoT na indústria.	IoT e Sensores

Conforme quadro 3 pode-se observar que no estudo feito por Margolis (2020), o autor descreve o desenvolvimento de um laboratório remoto com sensores para dar suporte ao aprendizado de IoT em ambientes de experimentação, para fornecer programas de educação online de IoT. Ainda, o autor destaca a importância dos laboratórios para consolidar a aprendizagem teórica. Além disso, os laboratórios remotos oferecem aos usuários a flexibilidade de utilizá-los e otimizar recursos.

No trabalho feito por Brusilovsky (2019), o autor apresentou uma revisão sobre as tecnologias adaptáveis e inteligentes, em um contexto de educação à distância baseada na *internet*, em que destacam tecnologias disponíveis e como elas podem ser implementadas na *Web*. Ainda, o autor destaca a importância da tecnologia no sequenciamento curricular, que corresponde ao planejamento instrucional, que fornece ao aluno a sequência de atividades planejadas individualmente mais adequadas, a fim de ajudar o aluno a encontrar um caminho ideal por meio do aprendizado.

No artigo de Viegas *et al.*, (2018), é abordado o conceito de laboratório remoto para o desempenho acadêmico dos alunos de engenharia. Os autores descrevem a importância do ensino prático e a função que o laboratório desempenha no processo de ensino. Também destacam diversos métodos que são empregados, com a predominância e enfoques teóricos e que devem ser complementados por outras abordagens que permitam ao aluno aprender e utilizar os conhecimentos adquiridos na prática.

Ainda, segundo Viegas *et al.*, (2018), no ensino de engenharia o laboratório desempenha um papel importante, pois contribui para que os alunos possam acompanhar a realidade dos conceitos e aprender a lidar com as interações entre equipamentos. Os laboratórios remotos são uma resposta tecnológica para levar a educação a um número crescente de estudantes, com o mesmo nível de percepção da realidade que em um laboratório tradicional. Na última década, surgiram laboratórios remotos com dois objetivos principais combinados: o primeiro foi proporcionar a um número maior de alunos a oportunidade de aprender experimentando; o segundo foi de permitir que as instituições possam controlar seus orçamentos, tendo se em vista que os laboratórios remotos podem reduzir o custo de salas de aula (VIEGAS *et al.*, 2018).

O estudo feito por Rubio *et al.*, (2018), os autores apresentam uma série de experiências relacionadas à área de controle e automação, que podem ser num sistema de laboratório remoto. Este estudo mostrou exemplos práticos de uma metodologia aplicada ao ensino com foco no tema ligado às indústrias inteligentes, que segundo os autores, é descrito como um novo tipo de indústria com um alto grau de flexibilidade na produção em termos de especificações e qualidade do produto, volumes e condições de produção, eficiência na utilização de recursos e logística de suprimentos. Ainda conforme Rubio *et al.*, (2018), ao implementar esses conceitos de indústria 4.0 os equipamentos adquirem novos recursos funcionais tradicionalmente inerentes a uma pessoa, com a capacidade de extrair conhecimento dos fatos, planejar, melhorar com base nas próprias experiências e desenvolver ações com base em objetivos e intenções de longo prazo.

Segundo Dias (2013), o aprendizado consiste em um processo de duas etapas: a recepção de informações e o processamento de informações. Em seu trabalho é proposto um modelo para identificar as formas como os estudantes dos cursos de engenharia recebem e processam as informações. A origem do modelo de Felder foi baseado nos modelos de Kolb (1984) e nos tipos psicológicos incorporados pelo *Myers-Briggs Type Indicator* (MBTI), de modo que o autor propõe um modelo que se divide em quatro dimensões.

- i. Sensorial-intuitivo: descreve as formas como o estudante percebe o que ocorre ao seu redor. Os aprendizes sensoriais preferem lidar com fatos e dados e, geralmente, preferem aprender pela experimentação; enquanto que os intuitivos, em geral, são mais rápidos e menos atentos aos detalhes e preferem lidar com princípios e teorias.
- ii. Visual-verbal: o visual foi descrito como aquele estudante que melhor memoriza o que vê em figuras, diagramas, fluxogramas, filmes e demonstrações. O verbal prefere que, durante a aprendizagem, as informações sejam ditas ou escritas.
- iii. Ativo-reflexivo: relaciona-se com o processo mental pelo qual as informações percebidas são convertidas em conhecimentos. Os ativos são mais atraídos pela possibilidade de experimentar ideias e participar de atividades sociais, como discussões ou explicações em grupo. Para os reflexivos, além do pensamento e da reflexão, é ainda mais importante a possibilidade de trabalhar individualmente.

- iv. Sequencial-geral: classifica a forma como se aborda um novo assunto, seja pelo encadeamento sequencial e lógico ou por uma ideia ampla e geral do que será aprendido. Os sequenciais aprendem melhor quando o material é apresentado de maneira encadeada numa progressão de dificuldade e complexidade.

O objetivo do estudo de Drachsler *et al.*, (2017) foi de integrar alunos e docentes no desenvolvimento de uma fábrica de aprendizagem nas universidades, com o intuito de mostrar a integração do chão de fábrica, com sistemas de informação, em um ambiente de produção. Ainda, essa integração da tecnologia da informação (TI) é realizada pelos sistemas ciber-físicos, no contexto da indústria 4.0, de modo que é preciso fazer atualizações e ajustes nas grades curriculares dos cursos, de forma a permitir uma abordagem interdisciplinar e holística.

Makarova e Langmann (2016), propõem a construção de cinco centros de formação em cada universidade parceira, para fornecer formação certificada em tecnologias de automação e operações de controle, em diferentes áreas de automação industrial para estudantes. Os autores mencionam também as vantagens da implantação de um laboratório inteligente no ensino, que facilita a expansão do círculo de utilizadores de um recurso educacional, por exemplo na forma de laboratório remoto como recurso educacional do tipo *e-learning*.

No estudo de Brown & Burton (2015), o objetivo foi apresentar a importância do laboratório remoto dentro do ensino superior, em que destacam o crescimento que ocorreu rapidamente ano após ano, com destaque para os exemplos publicados por Hanson *et al.*, (2019). Ainda, destacam que em um laboratório remoto o aluno controla o equipamento físico em tempo real e obtém dados do experimento físico. No entanto, apontaram que devido à natureza dos laboratórios remotos como *smart laboratories* não é suficiente para garantir o sucesso do uso das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 nas aulas práticas, pois isso depende do comportamento e aprendizagem do aluno e, conseqüentemente, sobre os aspectos da concepção dos componentes de ensino, que também são enfatizados por Lindsay *et al.*, (2017) e Corter *et al.*, (2011).

No artigo publicado por Dolog *et al.*, (2014), é fornecida uma visão geral da IoT com ênfase em tecnologias facilitadoras, protocolos e questões de aplicação, em que destacam a necessidade de equipamentos voltados a, armazenagem e envio de dados, por exemplo, na forma de computação em nuvem, no sentido de que grandes

volumes de dados possam ser processados em tempo real, e para que os usuários finais se beneficiam do conhecimento extraído a partir dos dados recolhidos.

2.3 Equipamentos tecnológicos para educação 4.0

Os sensores inteligentes também são considerados uma tecnologia da indústria 4.0, e como mencionado por Amo (2020), podem ser utilizados como apoio para implantação da educação 4.0. Sendo assim, um sensor pode ser definido como, um equipamento que detecta e responde a algum tipo de entrada do ambiente físico. A entrada específica pode ser luz, calor, movimento, umidade, pressão ou qualquer parâmetro físico de outros fenômenos ambientais, enquanto que a saída geralmente é um sinal que é convertido em um sinal eletromagnético para ser transmitido por uma rede para leitura ou processamento posterior (TÖLGYESSY *et al.*, 2011). Os sensores podem ser classificados em 2 tipos, sendo eles; posição e processo (DE MOURA, 2018).

Classificação dos tipos de sensores

Os sensores de posição correspondem a uma série de equipamentos que são utilizados para obter tanto uma mediação exata ou uma medição de posição de aproximação. Sensores deste tipo incluem os transdutores, codificadores, e os potenciômetros.

Os sensores empregados em processos, servem para medição e aquisição de dados, sendo muito comum na indústria o monitoramento de processos por meio de sensores. O quadro 4 apresenta os tipos de sensores.

Quadro 4- Tipos de sensores

Tipos de sensores	Classificação dos sensores
Sensor de presença	Posição
Sensor de temperatura	Processo

Sensor de proximidade	Posição
Sensor IR (sensor infravermelho)	Posição

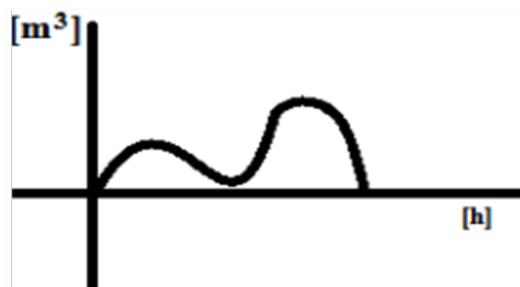
Fonte: De Moura (2018).

Modelos de saída de sinal

Conforme Martinazzo (2016), os sensores possuem três modelos de saída de sinal: sinal analógico, sinal digital e *IO-link*.

- a) Sensor Analógico: Esse tipo de sensor pode assumir qualquer valor de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro de sua faixa de operação. A figura 3 apresenta o exemplo de um processo de saída analógica.

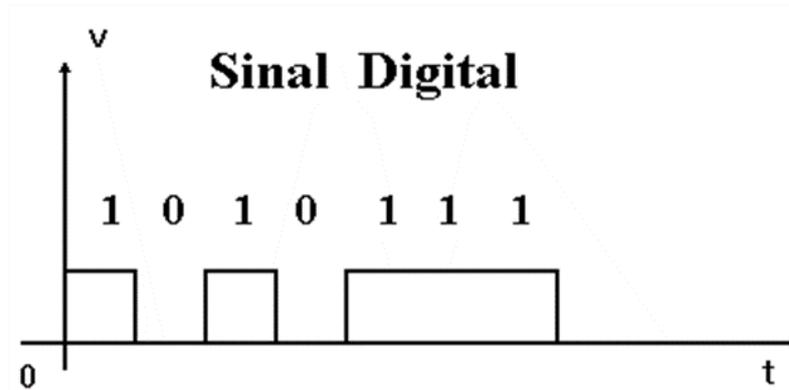
Figura 3- Sinal Analógico



Fonte: Martinazzo (2019).

- b) Sensor Digital: Este tipo de sensor pode assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo de tempo, que podem ser interpretados como zero ou um. Este tipo de sensor é utilizado, por exemplo, na detecção de passagem de objetos e na determinação de distância ou velocidade. A figura 4 é a representação do sinal digital.

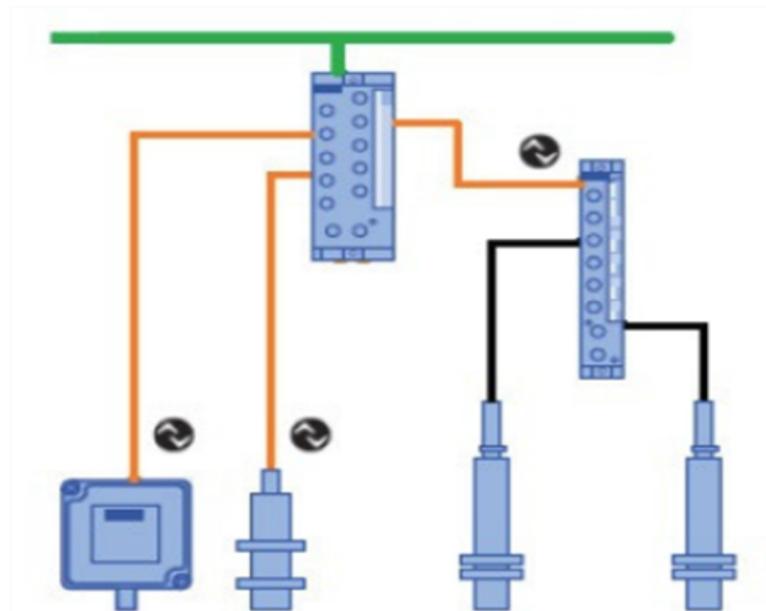
Figura 4- Sinal Digital



Fonte: Martinazzo (2019).

- c) Sensor *IO-LINK*: *IO-Link* é um padrão de rede de comunicações industriais bidirecional, digital, ponto a ponto, com fio de curta distância, usado para conectar sensores e atuadores digitais a um tipo de barramento de campo industrial. O *IO-Link* oferece uma comunicação neutra de campo entre o nível de campo e o nível de controle e é a junção das duas saídas (digital e analógica), conforme figura 5.

Figura 5- Sinal IO-link



Fonte: Martinazzo (2019).

Um sistema *IO-Link* fornece uma ou mais portas principais, cada uma das quais estão conectadas a um único equipamento *IO-Link*. Os equipamentos podem ser em sensores, atuadores, válvulas, partidas de motores ou módulos simples de

entradas e saídas (E/S). O quadro 5 mostra alguns dos principais benefícios da aplicação *IO-link* ao sistema IoT.

Quadro 5- Benefícios da comunicação IO-link

Benefícios	Referências
Os equipamentos poderão ser integrados da mesma maneira em todos os sistemas <i>fieldbus</i> (sistema de rede de comunicação industrial para controle em tempo real) e sistemas de automação usados comumente.	Da Silva (2019)
A Interface padronizada para sensores e atuadores independente da complexidade (chaveamento, medição, binário multicanal, sinal misto, etc.).	Schmachtenberg (2014)
Comunicação consistente entre sensores, atuadores e controladores.	Da Silva (2019)
Informações consistentes de diagnóstico até o nível de sensor/atuador.	Heynicke (2018)
Mudança dinâmica de parâmetros de sensor/atuador pelo controlador ou pelo operador.	Schmachtenberg (2014)
Atribuição automática de parâmetros para substituição de equipamentos durante a operação	Heynicke (2018)
Identificação integrada de equipamentos.	Da Silva (2019)

Fonte: Dados da pesquisa.

2.4 Proposições e hipótese científica

De acordo com Cavana (2001), proposições científicas conjecturam como uma hipótese científica admitida como algo que pode ser comprovado e demonstrado. Além disso, proposições sugerem quais formas de projeto de pesquisa são mais prováveis de serem apropriadas pelo teste das mesmas e pela confirmação dos relacionamentos. Sendo assim, para que os objetivos propostos desta dissertação sejam atingidos foi elaborado o quadro 6, que serviu de apoio para a pesquisa de campo, no qual, o referido também relaciona os testes empíricos que foram realizados com os objetivos desta dissertação.

Quadro 6- Proposições e Hipóteses científica

Objetivo	Objetivos específicos	Proposições e Hipótese científica (Indicadores)
O objetivo geral é propor um equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0.	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar na literatura equipamentos que usem IoT para educação 4.0; -Desenvolver o equipamento usando IoT; -Testar a influência do equipamento IoT no aprendizado dos alunos numa situação real. 	P1- A eficiência no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.
		P2- A praticidade no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.
		P3- O contato com a Inovação no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.
		P4- A aprendizagem será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.
		H1- O tempo no desenvolvimento da atividade acadêmica será menor quando o aluno fizer uso do equipamento.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a elaboração das proposições e hipótese do quadro 6, o primeiro passo foi entender as dimensões desta pesquisa, pois as dimensões serão o apoio para avaliação da pesquisa de campo. Diante disso, para Franco (2007) as dimensões em um trabalho de pesquisa significam as relações entre os indivíduos que acontecem por causa do trabalho. Segundo outro autor Ferreira (2014), as dimensões são os fenômenos psicossociais decorrentes das relações interpessoais entre os indivíduos e entre os grupos a que pertencem, tanto dentro quanto fora de uma organização. Com bases nisso, as dimensões desta pesquisa são:

(i) Eficiência

(ii) Praticidade

(iii) Inovação

(iv) Aprendizagem

(v) Tempo

- **(i) Eficiência**

Peter Drucker (2006) define a eficiência da seguinte forma: “*A eficiência consiste em fazer certo as coisas: geralmente está ligada ao nível operacional, como realizar as operações com menos recursos, menor orçamento, menos pessoas, menos matéria-prima, etc...*”

Sobre os equipamentos tecnológicos, Gaspar (2004) define a eficiência de um equipamento com tecnologia como eficiência operacional que significa produzir mais e com qualidade utilizando menos recursos e controlando o desperdício.

Devido a estes fatores, utilizou-se como referência a proposição científica do estudo de (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2010).

P1- A eficiência no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

A proposição 1 é referente a pesquisa de campo, no qual, buscou-se medir a eficiência do equipamento IoT. Desta forma, a eficiência terá que ser medida de duas formas: a primeira forma, sem o equipamento IoT nas atividades acadêmicas do aluno; na segunda forma, com o equipamento nas atividades acadêmicas do aluno. Nos próximos capítulos serão detalhados o processo de teste desta proposição e o devido protocolo adotado.

- **(ii) Praticidade**

Desde o surgimento das novas tecnologias o mercado vem buscando praticidade quando o assunto é inovação, no artigo de Soares *et al.*, (2018) ele menciona a importância de um produto ser prático em sua utilização. Devido a estes fatores, utilizou-se como referência as proposições do estudo de Do Nascimento (2015) para adaptar à essa dissertação:

P2- A praticidade no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

A proposição 2 é referente a pesquisa de campo, no qual, buscou-se medir a praticidade do equipamento IoT. Desta forma, a mesma será medida de duas formas; A primeira forma, sem o equipamento nas atividades acadêmicas do aluno; na segunda forma, com o equipamento atividades acadêmicas do aluno. Nos próximos capítulos serão detalhados o processo de teste desta proposição na pesquisa de campo.

- **(iii) Inovação**

A inovação é a exploração de uma nova ideia, transformando-a num novo produto, serviço ou negócio que é presente em boa parte dos planos estratégicos das empresas que adotam produtos com tecnologias da indústria 4.0 (BAXTER, 2011).

O autor Puncreobutr (2016) afirma a importância da inovação na educação e busca entender como os alunos podem aprender melhor e aplicar esses conhecimentos de forma prática a fim de inovar na educação.

Devido a estes fatores, utilizou-se como referência as proposições do estudo de (CAVALCANTI, 2017).

P3- O contato com a Inovação no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

A proposição 3 é referente a pesquisa de campo, no qual, buscou-se medir o quão inovador é o equipamento IoT em sala de aula.

- **(iv) Aprendizagem**

A aprendizagem é o processo de adquirir novos conhecimentos, comportamentos, habilidades, valores e atitudes (COHEN, 1990). Um modelo utilizado para avaliar a aprendizagem é a metodologia de Donald Kirkpatrick, afirma o autor Kirkpatrick (2005), essa metodologia é dividida em 4 níveis, que são: reação, aprendizagem, comportamento e resultados.

Devido a estes fatores, utilizou-se como referência as proposições do estudo de (RAGSDALE, 2020).

P4- A aprendizagem será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento IoT.

A proposição 4 é referente a pesquisa de campo, no qual, buscou-se medir a aprendizagem do aluno através da metodologia proposta por Donald Kirkpatrick.

- **(v) Tempo**

Os autores Pace *et al.*, (2003) mencionam em seu artigo que os projetos voltados à indústria 4.0 tem como objetivo desempenhar um rendimento maior no cotidiano dos usuários das tecnologias. Para completar essa ideia, o autor Salvi (2007) menciona que o desempenho de um projeto ou produto pode ser medido por meio do seu tempo de resposta na execução das tarefas.

Devido a estes fatores, utilizou-se como referência as hipóteses do estudo de (MAKAROVA, 2016).

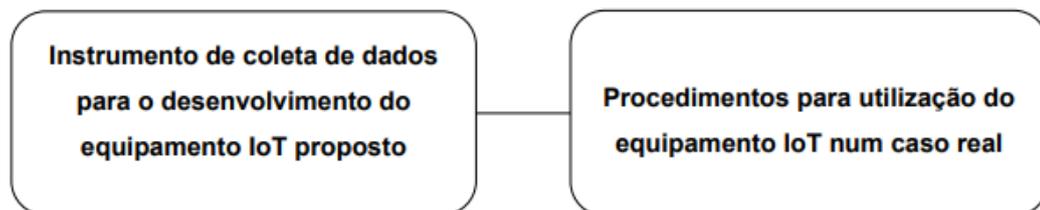
H1- O tempo no desenvolvimento da atividade acadêmica será menor quando o aluno fizer uso do equipamento.

A hipótese 1 é referente a pesquisa de campo, no qual, buscou medir o desempenho do equipamento IoT. Desta forma, o desempenho do equipamento terá que ser medido de duas formas; A primeira forma, sem o equipamento nas atividades acadêmicas do aluno; na segunda forma, com o equipamento nas atividades acadêmicas do aluno.

3. METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é exibir os métodos e técnicas de pesquisa desta dissertação, delineando assim a pesquisa e constituindo a unidade de análise e amostra. O fenômeno alvo dessa pesquisa é a educação/aprendizagem tecnológica. O tema central é propor um equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0. A pesquisa foi dividida em duas fases, conforme figura 6.

Figura 6- Fases da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa.

A primeira fase é uma pesquisa exploratória, com base numa revisão da literatura, que serviu para compreender a educação/aprendizagem tecnológica, a fim de propor um equipamento IoT para apoio na implementação da educação 4.0. O equipamento IoT proposto foi desenvolvido com base nos artigos encontrados na revisão da literatura. Na segunda fase, foi aplicado o equipamento IoT numa situação real.

A primeira fase da pesquisa fez uso da Revisão da Literatura, este método de pesquisa utiliza como fonte de informação a literatura (SAMPAIO & MANCINI, 2017). Os objetivos principais desta fase foram; identificar na literatura equipamentos IoT para educação 4.0 e propor um equipamento IoT para apoio na implementação da educação 4.0, com base nos equipamentos encontrados na literatura.

A segunda fase, correspondeu a utilização do equipamento IoT em sala de aula. Para análise dos dados desta fase, utilizou-se dois métodos, o primeiro foi o método de triangulação científica, a fim, de analisar as proposições: Eficiência, praticidade, inovação e aprendizado e o segundo método foi o test-t, para medir a influência do equipamento com relação a hipótese, tempo. O quadro 7 apresenta a matriz metodológica.

Quadro 7- Matriz metodológica

Matriz Metodológica	
Natureza da pesquisa	Estudo misto
Abordagem metodológica	Exploratória
Método	Observação em campo
Unidade de análise	O uso da tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0.
Procedimento de coleta de dados	Revisão bibliográfica, Observação em campo e questionário.
Instrumento de coleta de dados	Pesquisa de campo
Análise de dados	Análise textual discursiva, triangulação de dados e test- pareado

Fonte: Dados da pesquisa.

O quadro 7 é o resumo das técnicas utilizadas para coletas de dados e análise dos resultados.

3.1 Instrumento de coleta de dados para o desenvolvimento do equipamento IoT proposto

No processo de revisão da literatura foi utilizada a base de *dados Web of Science* (WoS) na busca pelos termos: educação 4.0, aprendizagem 4.0, Internet das coisas e indústria 4.0. Em primeira instância foram encontrados 24.403 artigos, no qual, foram filtrados por ano de publicação, de 2010 a 2020, que derivaram em 20.290 artigos. O período leva em conta artigos que já estão disponíveis na base de dados WoS, o que ajuda a contemplar estudos novos que são lançados para que se mitigue a defasagem de estudos sobre o tema devido à demora dos processos editoriais.

Na segunda etapa, utilizou-se as categorias *Education Research and Industrial Engineering*, o que resultou em 971. Por fim, os dez *Journals* com maior produção sobre o tema e que contemplam a temática estudada, ou seja, tratar de educação 4.0. O resultado do último refinamento foi de 248.

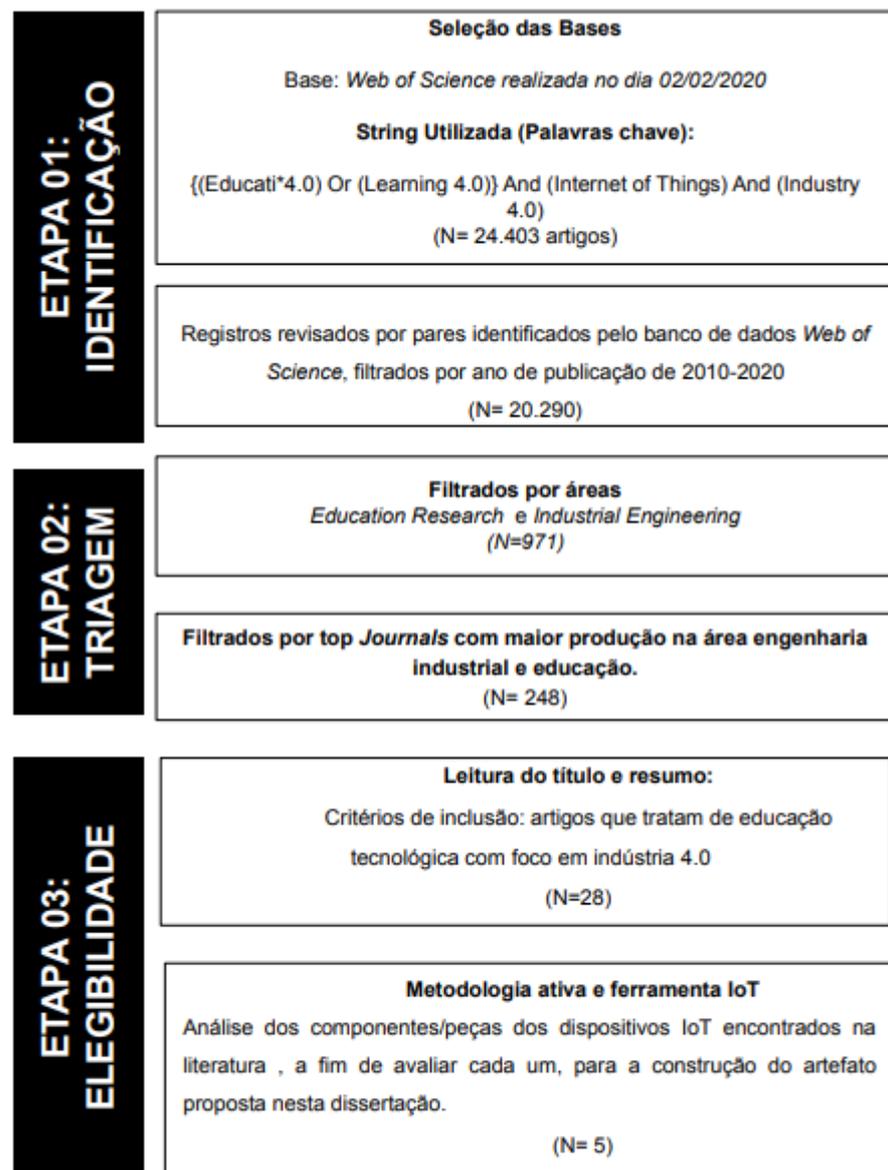
Em posse dos 248 artigos selecionados, iniciou-se a leitura do título e resumo desses artigos, usando como critérios de inclusão somente artigos que tratavam de educação com foco em metodologia ativa, excluindo os que se concentraram no ensino formal. Esse critério foi necessário para poder diferenciar e entender como os autores tratam a educação 4.0, pois como evidenciados, vários autores tratam a

educação como uma peça chave para inserir o indivíduo na nova era digital. Neste passo da escolha dos artigos, totalizaram 28 artigos.

Destes 28 trabalhos, foram selecionados 5 artigos que mencionam o uso de equipamentos em sala de aula e metodologia ativa. Os artigos selecionados abordam a ferramenta IoT, pois segundo Margolis (2012) os equipamentos IoT são os mais utilizados no contexto de educação 4.0, e esses equipamentos podem ser, laboratório inteligente, componentes inteligentes e *internet* para comunicação dos mesmos. Com base nessas informações foi possível realizar uma relação com os artigos encontrados na literatura e suas respectivas variáveis.

Sendo assim, foram analisadas as variáveis dos artigos que tratam de equipamentos IoT para educação 4.0 com o objetivo de encontrar um que mais se aproxima das exigências da indústria 4.0. Por fim, foram destacados os componentes das variáveis que possuem características mais próximas da educação 4.0. O protocolo seguido para o processo de escolha dos artigos é apresentado na figura 7.

Figura 7- Protocolo de revisão sistemática e análise da literatura



Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos (2012)

A figura acima representa o processo de seleção de artigos para a construção do equipamento IoT proposto. A partir dos 5 equipamentos existentes na literatura, foi possível identificar o que mais se aproxima das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Essa análise foi feita com base nos componentes dos 5 equipamentos encontrados na literatura.

3.2 Procedimentos para utilização do equipamento IoT num caso real

Por se tratar de um estudo misto, segundo Creswel (2007) este método combina coleta de análise de dados qualitativos e quantitativos para responder à pergunta de pesquisa, sendo assim, a coleta de dados desta pesquisa é dividida em duas etapas: Quantitativa e Qualitativa.

- **Quantitativa:**

Dentre as dimensões desta pesquisa o fator “tempo” será testado através do teste-t, segundo Hair (2005) o teste-t pareado é um método usado para testar se a diferença entre os pares de medidas é zero ou não e serve também para comparação de 2 grupos independentes.

No experimento prático, a hipótese testada foi a seguinte: **H1- O tempo no desenvolvimento da atividade acadêmica será menor quando o aluno fizer uso do equipamento.**

A determinação do tamanho da amostra é importante, porque amostras pequenas podem levar a resultados não confiáveis (MARÔCO, 2018). Para que os resultados sejam assertivos utilizou-se o *software* GPower 3.1.9.7 para o cálculo do tamanho da amostra.

O tamanho da amostra desta pesquisa foi de 38 participantes. Utilizou-se uma planilha no *MS Excel* para que fosse aplicado a ferramenta Test- t (KIM, 2015) para realizar os cálculos necessários a fim de mensurar a influência do equipamento IoT.

- **Qualitativo:**

Para esta dissertação, foi utilizada a técnica observação em campo e Segundo Bogdan & Taylor (1998) observação de campo é uma variante da pesquisa de campo que tenta observar uma pessoa-alvo ou um grupo de pessoas-alvo em seu ambiente. Na observação, o pesquisador é encarregado de observar diretamente as pessoas enquanto vivem em áreas específicas documentam e registram suas observações para auxiliar na pesquisa e procura tornar-se membro de um grupo, organização ou acaso ficar sob estudo (VINTEN, 1994).

No caso real, escolheu-se a escola Escola Estadual Professor Asdrubal do Nascimento Queiroz na cidade de Itapeçerica da Serra-SP para aplicar o experimento, a escola escolhida foi devido à possibilidade de inserção da educação 4.0 para os

alunos, visto que, a escola já possui impressora 3D, segundo Ledo (2021) a impressora 3D em sala de aula poderá auxiliar na inovação e flexibilidade nos projetos acadêmicos dos alunos. A escola escolhida também possui curso técnico integrado para os alunos do 2ª ano do ensino médio. Além disso, os 38 alunos cursam o técnico de informática, o que facilita na inserção da educação 4.0. Sobre a turma escolhida, optou-se por aplicar o teste em apenas alunos matriculados no 3ª ano do ensino médio, pois após esse período o aluno deverá ingressar no mercado de trabalho ou faculdade. Segundo Vidal Ledo (2021) os alunos costumam arrumar o primeiro emprego por aderência de disciplinas do ensino médio. Por esses motivos, optou-se em compor a amostra com apenas alunos do 3ª ano do ensino médio.

O teste foi realizado com a apresentação de um professor sobre o tema para a coleta de dados, o professor aplicou o conteúdo em sala de aula sobre o tema (Escalas termométricas) esse tema é estudado nas disciplinas dos cursos de engenharias, química e física, conforme (TIPLER, 2006). Após a explicação teórica do tema, o professor apresentou o exercício proposto, conforme Apêndice A. O exercício proposto tem o objetivo de apresentar as escalas de temperatura Celsius e Fahrenheit, no qual, o aluno na primeira instância realiza todos os cálculos sem o equipamento IoT e depois com o equipamento IoT.

E o investigador teve como tarefa analisar as 5 proposições, sendo elas: eficiência, praticidade, inovação, aprendizagem e tempo.

Para análise da eficiência, seguiu o que foi proposto no artigo de Domingues *et al.*, (2011), no qual, analisou-se três fatores por meio da observação. O primeiro foi o tempo, no qual, analisou-se apenas a média do tempo total sem equipamento IoT e com equipamento IoT. O segundo ponto analisado por meio da observação, foram os recursos utilizados para aplicar as duas fases do experimento.

Na proposição praticidade, analisou-se 3 pré-requisitos estabelecidos pelo autor Weyer (2015) sendo eles, facilidade, funcionalismo e simplicidade.

Na proposição Inovação, foram feitas algumas perguntas para os alunos após o término do experimento. (1) vocês já usaram equipamentos que utilizam IoT (2) O equipamento foi inovador? (3) usaria a tecnologia IoT mais vezes? Essas foram as perguntas feitas para os alunos, as perguntas foram retiradas do artigo de (LYALINA *et al.*, 2011).

Na proposição aprendizagem, foram analisados 4 níveis, que são: reação, aprendizagem, comportamento e resultados, conforme recomendação feita no estudo

de Donald Kirkpatrick (KIRKPATRICK, 1970). Além da técnica de observação de campo, foi aplicado um questionário para os alunos, a fim de avaliar a reação na dimensão aprendizagem, nesta parte do estudo as questões eram respondidas em escala *Likert*.

E por fim, analisou-se a proposição tempo, no qual, o aluno realizou o exercício em dupla para que seu colega cronometrasse o tempo gasto para realização do experimento, o tempo foi cronometrado desde a coleta da temperatura, ou seja, posicionamento do equipamento até resolução do cálculo e acesso ao *software*.

Com posse dos resultados do exercício aplicados em sala de aula de duas maneiras (sem e com equipamento IoT), os dados da observação foram coletados e comparados com a literatura para uma análise criteriosa dos resultados, a fim de, documentar a realidade (EZPELETA e ROCKWELL, 1986). Para análise dos dados coletados na pesquisa de campo usou-se os procedimentos de triangulação em pesquisas científicas em Engenharia de Produção. Segundo Denzin (2005), a triangulação refere-se ao uso de múltiplos métodos ou fontes de dados na pesquisa qualitativa para desenvolver uma compreensão abrangente dos fenômenos e também tem sido vista como uma estratégia de pesquisa qualitativa para testar a validade por meio da convergência de informações de diferentes fontes.

4. EQUIPAMENTO IoT PROPOSTO

Este capítulo refere-se à apresentação e análise dos resultados dos dados coletados conforme procedimentos explicados no capítulo anterior. A primeira análise são os resultados da revisão da literatura e a segunda análise é a apresentação do equipamento proposto, o desenho do equipamento IoT proposto, componentes, foto do equipamento e comunicação.

4.1 Identificação de equipamento para educação 4.0

Com o objetivo de identificar os artigos que tratam de equipamentos IoT para educação 4.0 no *corpus* de pesquisa causou algumas dificuldades. A primeira dificuldade do refinamento da base, foi entender a metodologia de aprendizagem passiva e metodologia aprendizagem ativa na visão dos autores da base consolidada, pois os estudos tratam de forma semelhante conceitos distintos. Essa divisão de conceitos foi demonstrada no capítulo 02, correlacionando as relações entre os conceitos e autores da base.

O cenário apresentado do capítulo 2 comprova que os conceitos de educação 4.0 ou educação tecnológica estão ligados a metodologia experimental ativa, mesmo que citada na literatura, ainda tenham lacunas de entendimento para serem preenchidas. Porém, vários estudos ajudaram a compreender a evolução do pensamento e servem de contraponto sobre os argumentos da evolução de pensamento a respeito de educação 4.0 ao longo do tempo (LUO, 2020).

A segunda dificuldade na análise foi identificar o que são equipamentos que correspondem à educação 4.0. Notou-se outra divergência entre autores do que seria equipamento IoT ou um novo modelo com foco em tecnologias atuais. Foram apresentados nesta revisão vários estudos que citam equipamento, porém são variações de equipamentos já consolidados, entendendo que o equipamento IoT pode ser um laboratório inteligente que servirá como um apoio a educação tecnológica com foco nas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

Munidos dessas evidências, foi possível notar que os estudos mais recentes que apresentam equipamento para educação 4.0 na verdade são adaptações, variações ou formas de se aplicar os laboratórios inteligentes ou remotos já bem consolidados na literatura.

Adiante, os laboratórios inteligentes ou remotos são equipamentos

inteligentes que externam pesquisa em automação e equipamentos de controle, filtragem, aprendizado de máquinas e robótica. No laboratório inteligente, equipamentos e tecnologias se comunicam de forma autônoma, e os fluxos de processo são automatizados. Os módulos inteligentes ligaram e desligaram o equipamento. E o controle dos fluxos de processos será baseado em comunicação de ponta a ponta entre os equipamentos do laboratório. Esta é a visão por trás do laboratório 4.0 (TIHINEN *et al*, 2021).

Por fim, o uso de tecnologias e ferramentas se assemelha à experiência da indústria 4.0 no contexto de educação (LEE, 2015). Essa interação digital e dinâmica com os alunos, de forma a trazer a realidade tecnológica para as salas de aula, corresponde a um grande avanço para as instituições que procuraram se adaptar às novas realidades (LEE *et al.*, 2015). As tecnologias emergentes baseadas na indústria 4.0 facilitam o aumento da produtividade, introduzindo novos modelos de negócio, flexibilizando e reduzindo o tempo de produção, além de diminuir os custos (VIRGOLIM, 2014).

Partindo dos conceitos apresentados, foi elaborada uma planilha para identificar estudos que tratam sobre os equipamentos para educação (Metodologia de aprendizagem passiva e Metodologia aprendizagem ativa) encontrados na base de artigos. Os resultados dessa planilha são apresentados no quadro 8 vale destacar que o mesmo também permite compreender qual o tipo de equipamento mais utilizado nas pesquisas estudadas foi a metodologia experimental ativa.

Quadro 8- Metodologia de aprendizagem para Educação 4.0

Metodologia de aprendizagem para educação 4.0			
Autores	Metodologia Passiva	Metodologia Ativa	Metodologia Ativa + Uso de equipamento
Al-Fuqaha <i>et al.</i> , (2015)		x	
Brusilovsky (2019)		x	
Baracho (2017)	X		
Brown & Burton. (2015)		x	
Chrysafiadi (2013)	X		
Felder <i>et al.</i> , (2018)	X		
Gilchrist (2016)	X		

Gootting <i>et al.</i> , (2017)	X		
Gubbi (2013)		x	
Huh (2017)		x	
Jiménez <i>et al.</i> (2018)		x	x
Jordan & Lande (2013)	X		
Lei <i>et al.</i> , (2013)		x	
Lowe <i>et al.</i> , (2016)	X		
Lyalina <i>et al.</i> , (2011)		x	x
Makarova e Langmann (2016)		x	x
Mostefaoui <i>et al.</i> , (2017)		x	
Nikou (2014)	X		
Ozdamli e Cavus (2011)		x	
Pacheco (2018)	X		
Rubio <i>et al.</i> , (2018)		x	x
Schueffel <i>et al.</i> , (2016)	X		
Verbert <i>et al.</i> (2013)	X		
Virgolim (2014)	X		
Viegas <i>et al.</i> , (2018)		x	
Margolis (2020)		x	
Poongothai (2019)		x	x
Dolog <i>et al.</i> , (2014)		x	

Fonte: Dados da pesquisa.

Verificou-se que os 28 trabalhos destacados foram escritos por mais de 30 autores, sendo a maioria composta por Alemães, seguida por Americanos. Os outros trabalhos são procedentes de outros países, como Austrália, China, Brasil, entre outros. Isso reforça que a Alemanha, até mesmo por ser o berço da indústria 4.0, é o país que mais tem se dedicado a pesquisas no âmbito da educação 4.0.

Além disso, dentre a relação de artigos analisados e que apresentaram equipamentos, observou-se que cada autor publicou apenas um artigo, o que pode indicar que ainda não há pesquisadores trabalhando exclusivamente com a educação 4.0, sob a perspectiva do trabalho. Também, pode-se observar que os equipamentos para educação 4.0 utilizam tecnologias disponíveis e metodologia ativa para o ensino e aprendizagem, exigindo um novo perfil, com novas atitudes e conhecimentos, tendo o aluno como ator principal no processo de aprendizagem.

Inclusive, a evolução tecnológica vem estimulando grandes mudanças por unir dois diferentes mundos: o físico e o virtual. Encontros virtuais, interação, compartilhamento de habilidades e conhecimentos, prototipagem por meio de tecnologia, controlam a capacidade de defeitos nos projetos colaborativos. Sendo assim, esse equipamento de aprendizagem não se limita ao ambiente educacional, mas sim, a novos ambientes, oferecendo interações e divisões de ferramentas e conhecimentos, desenvolvendo autonomia e auto aprendizado, sendo utilizadas de forma significativa e motivadora para o despertar de habilidades e competências para o profissional do século XXI.

Em busca de equipamentos que atendessem aos padrões da indústria 4.0, foram selecionados 5 equipamentos cujo método de aprendizagem é ativa. Essa metodologia tem como característica a inserção do aluno como o principal responsável pela sua aprendizagem, no modelo de aprendizagem ativa o aluno desenvolve suas atividades autônomas, afirma (PETER FISK, 2017). Completando essa ideia (Makarova, 2016; Puncreobutr, 2016; Tihinen, 2021) mencionam que a educação 4.0 deve-se fazer uso de laboratórios inteligentes e a metodologia de ensino deverá ser experimental ativa, pois conforme a pirâmide de aprendizagem de Willam Gasser, os métodos mais eficientes estão inseridos na metodologia ativa.

Por fim, para que os resultados esperados da indústria 4.0 sejam atingidos, é importante que sejam combinados em 9 tecnologias: internet das coisas, big data, realidade aumentada, máquinas inteligentes nuvem manufatura aditiva, equipamentos ciber-físico, sensores inteligentes, robôs colaborativos, (CHHETRI *et al.*, 2017). Com base nessas informações foi possível realizar uma relação com os equipamentos encontrados na literatura e suas respectivas variáveis, como mostra o quadro 9.

Quadro 9- Variáveis dos equipamentos para educação 4.0

Variáveis								
Modelos	Referências	Softwares de visualizações de dados	Tipos de comunicações	Componentes	Tipos de monitoramento	Plataformas utilizadas	Tipos de controle	
Modelo 01	Poongothai (2019)	Node-RED	Wi-fi (ESP8266)	Raspberry Pi3	Temperatura	NodeMCU	Remoto	
				Arduino UNO				
		Android Studio		Relés				
				Sensores				
Modelo 02	Rubio <i>et al.</i> (2018)	Matlab	Io-link	Sensores	Processos do tipo Cíclico	Microsoft Systems Management Server (MSMS)	Remoto	
				Tanque		SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte)		
		Simulink		Atuadores (do tipo: Válvula)				
Modelo 03	Jiménez (2018)	Moodle	Wi-fi (ESP8266)	Não Informado	Intensidade da luz	AVA (ambiente virtual de aprendizagem)	Inteligente	
Modelo 04	Makarova (2016)	Não informado	Io-Link	Sensores	Face-a-face	Worx para Ethernet industrial	Inteligente	
					Arduino			Processos cíclos
					câmera			Processos acíclos
					Computador			
		TSL (Transport Layer Security)						
Modelo 05	Lyalina <i>et al.</i> (2011)	Miniaplicativo (VNC)	Profinet	Sensores	Processo acíclico	CoNeT	Inteligente	
						Arduino		
						câmera		
						Computador		Mobile Lab

Fonte: Dados da pesquisa.

Uma variável pode ser definida como uma característica dos elementos da amostra que nos interessa averiguar estatisticamente (MARTINS e DOMINGUES, 2014). No quadro 9, existem 6 variáveis, sendo elas: *softwares* de visualização de dados; Tipos de comunicação; Componentes; Tipos de monitoramento; Plataforma utilizadas; Tipo de controle. Segundo Pereira *et al.*, (2018), ao elaborar um equipamento tecnológico, essas são as variáveis a serem avaliadas. Partindo desse princípio, as informações das variáveis dos 5 equipamentos selecionados foram preenchidas como mostra o quadro 9.

A fim de encontrar equipamentos que mais se aproximam das exigências da indústria 4.0 foram destacados os componentes das variáveis que possuem características mais próximas das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Os componentes destacados são referentes aos 5 equipamentos selecionados e para a seleção foram adotados os seguintes critérios: (1) aprendizagem através da metodologia ativa (2) equipamentos inteligentes.

Pode-se observar que na variável **Softwares de visualização de dados**, o item destacado é o *Node-Red*. Segundo LEKIĆ (2018) o *software Node-red* faz integração com sensores IoT podendo assim ser aplicado em processos com tecnologias de ponta.

Já na segunda variável dos equipamentos **Tipo de comunicação**, o destaque é o Wi-fi e lo-Link. Segundo He *et al.*, (2015) o Wi-fi é um tipo de comunicação que está presente nos componentes mais recentes evitando o uso de cabos. Já o lo-link, conforme Martinazzo (2016), oferece uma comunicação neutra de campo entre o nível de controle e é a junção das duas saídas (digital e analógica).

Na variável **componentes**, os itens selecionados foram: sensores, tanque, camera de monitoramento e computador. Segundo Chhetri *et al.*, (2017) os sensores inteligentes fazem parte de uma das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Conforme Martinazzo (2016) uma câmera de monitoramento que transmite informações pode ser considerada como um componente de tecnologia de ponta, ou seja, elemento da indústria 4.0.

Na variável de **Monitoramento** os itens selecionados foram baseados nos processos que geram mais de uma informação. A fim de trabalhar os dados com os alunos gerando interação entre eles (SAMPAIO, 2007).

Por fim, no variável tipo **de controle**, por meio da integração da literatura as discussões dos autores sobre as definições da educação 4.0, de modo que os resultados preliminares deste estudo reforcem o uso dos laboratórios remotos ou inteligentes (BABIČ, 2017).

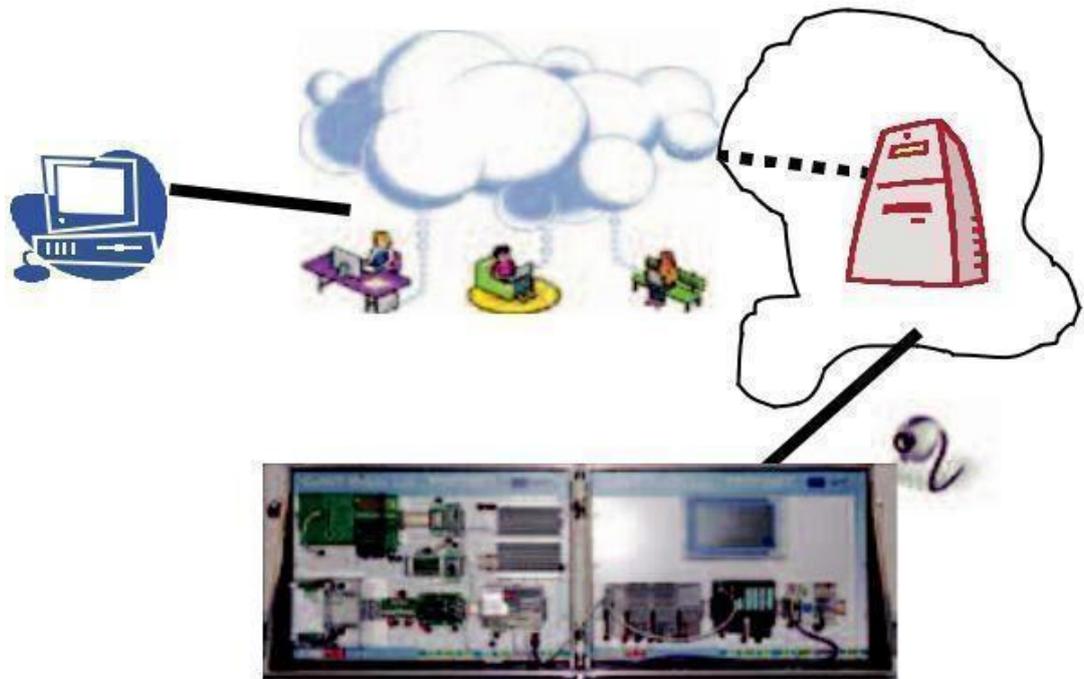
4.1.1 Descrição dos equipamentos selecionados na literatura

Nesta seção foram apresentados os equipamentos expostos no quadro 9. Os 5 equipamentos selecionados, foram encontrados na revisão da literatura e serviram como base para elaboração do equipamento proposto desta dissertação.

Equipamento 1: Consiste de um equipamento de ensino voltado às tecnologias de automação e operações de controle em diferentes áreas de automação industrial para estudantes e especialistas de empresas, proposto por Makarova (2016). Este equipamento corresponde a um laboratório inteligente, na forma de um kit de treinamento móvel para tecnologias de automação, que pode ser utilizado para diferentes tipos de aprendizagens e treinamento. As informações e os materiais educativos são armazenados em um servidor, e são disponibilizadas por meio de conexões via *internet*. Assim, o equipamento inteligente está equipado com uma *webcam*, que permite monitorar e controlar em modo remoto de qualquer localidade habilitada.

A figura 8 apresenta o esquema simplificado do equipamento remoto, composto por *softwares* visualização de dados; comunicação feita por meio de uma rede baseada em um padrão *Ethernet* Industrial; componentes diversos, como sensores, placa arduino, câmera, equipamentos de Controlador Lógico Programável-PLC's, equipamento de à rede e equipamentos PROFINET; monitoramento e programação PLC com e sem fio e controle inteligente.

Figura 8- Equipamento de laboratório inteligente



Fonte: Makarova (2016).

Equipamento 2: Consiste de um equipamento de ensino na forma remota e inteligente, que permite reconstruir ambientes já existentes de aprendizagem (LYALINA *et al.*, 2011). O equipamento chamado *Smart Lab* é composto por sensores e atuadores integrados ao *hardware* e *software*, bem como recursos de comunicação avançados e versáteis, que permite visualizar, controlar e realizar operações e diagnósticos. O controle do equipamento interpreta a solicitação de entrada e adapta as respostas usando o protocolo de comunicação IoT com base na inteligência artificial do equipamento. A figura 9 mostra a vista geral do equipamento montado em uma bancada.

Figura 9- Vista geral do equipamento remoto



Fonte: Lyalina *et al.*, (2011).

Equipamento 3: Consiste em um equipamento que fornece uma plataforma que permite que os equipamentos sejam conectados, detectados e controlados remotamente a partir de uma infraestrutura de rede. Este equipamento foi elaborado por Poongothai (2019), que utiliza um equipamento inteligente baseado nas tecnologias IoT de aplicativos móveis para monitorar atividades gerais do laboratório na forma remota, incluindo consumo de energia e utilização de equipamentos, parâmetros ambientais. O controle dos equipamentos é via sensores, proporcionando assim um ambiente inteligente, que com o uso de equipamentos de *hardwares* inteligentes, que permite empregar comunicação Wi-Fi. O equipamento proposto por Lyalina *et al.*,(2011) permite controlar e monitorar o laboratório inteligente, na forma IoT por meio de um painel desenvolvido para o aplicativo móvel *Node-RED* ou *Android studio*. A figura 10, mostra a vista geral do equipamento de (POONGOTHAI, 2019).

Figura 10- Vista geral da placa do laboratório remoto

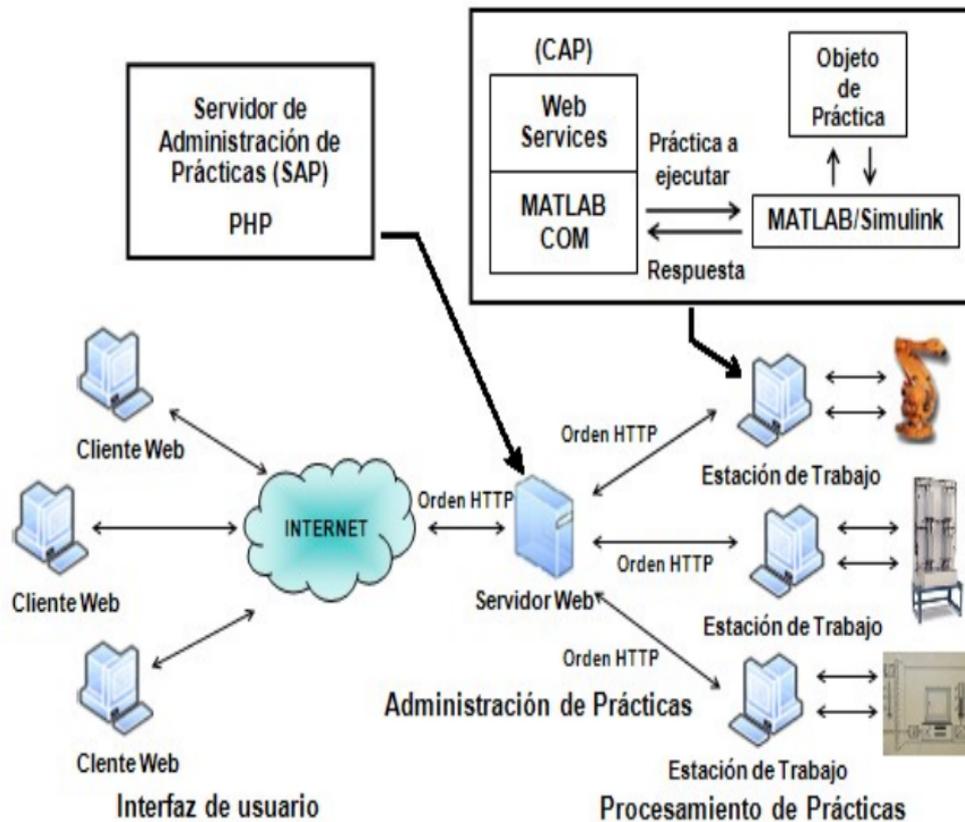


Fonte: Poongothai (2019).

Equipamento 4: Consiste de um equipamento de ensino para laboratórios à distância Remote Laboratories System- RLS, sendo que as principais vantagens são: o equipamento está disponível até 24 horas por dia; o RLS pode ser acessado de qualquer lugar, sendo necessário apenas um computador com a respectiva ligação à Internet e possibilidade de navegar no site; fácil utilização, de modo que é necessário o conhecimento sobre a disciplina correspondente ao assunto da aula prática; interface do usuário RLS é baseado em páginas HTML que usam funções de linguagens de comunicação, que permite aos usuários um acesso rápido ao RLS, sem precisar descarregar ou instalar qualquer *software* adicional. O controle do equipamento é remoto através dos *softwares Matlab/Simulink* e um controlador analógico, digital ou híbrido (RUBIO *et al.*, 2018).

Com relação a arquitetura o usuário/estudante é conectado ao equipamento por meio da Internet, que precisa criar uma conta, fazer login e, em seguida, escolher a aula prática de interesse, preencher o formulário, solicitar o que quer fazer e clicar em iniciar. As informações das aulas práticas são recebidas a partir de um servidor, composto de páginas PHP, como mostra de forma simplificada a figura 11.

Figura 11- Esquema simplificado de um laboratório remoto

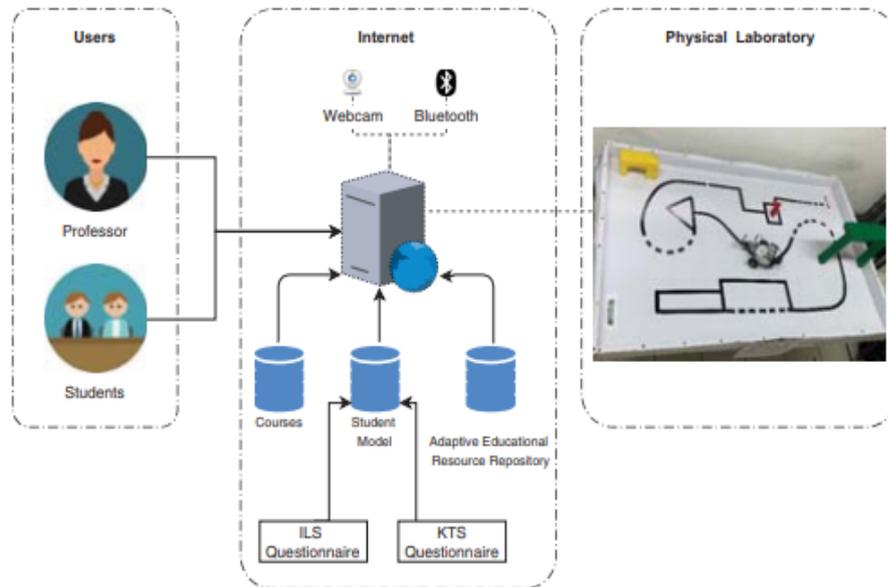


Fonte: Rubio *et al.*, (2018).

Ainda, algumas características do equipamento remoto são: uso dos *softwares* de visualização de dados Matlab/Simulink; comunicação remota via computação em nuvem; componentes como: sensores, válvulas, circuitos, softwares; monitoramento por meio de plataforma móvel; controles remotos e sinal digital (RUBIO *et al.*, 2018).

Equipamento 5: Consiste de um equipamento para ser empregado, no ensino de robótica, que está integrado a um equipamento de gestão da aprendizagem, com atividades e materiais didáticos customizados e extensível para aplicação em outras áreas, não se limitando à robótica.

Figura 12- equipamento de ensino remoto para robótica



Fonte: Jiménez (2018).

Este equipamento desenvolvido por Jiménez (2018), possui um repositório para armazenar os recursos educacionais adaptativos, registrar as ações dos alunos, realizar uma análise do perfil do aluno e proporcionar um ambiente com recursos educacionais personalizados para os alunos.

4.2 Variáveis do equipamento IoT proposto

Com base nas variáveis dos cinco equipamentos selecionados na literatura foi possível identificar o percentual de aproveitamento dos equipamentos da literatura versus o equipamento proposto. Como mostrado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1- percentual de aproveitamento do equipamento proposto

Modelos	Referências	Softwares de visualizações de dados	Tipos de comunicações	Variáveis				Resultados		
				Componentes	Tipos de monitoramento	Plataformas utilizadas	Tipos de controle	Total de variáveis	Quantidades de itens destacados <i>Itens destacados refere a componentes da I4.0</i>	Percentual de aproveitamento do modelo proposto
Modelo 01	Poongothai (2019)	Node-RED Android Studio	Wi-fi (ESP8266)	Raspberry Pi3 Arduino UNO Relés Sensores	Temperatura	NodeMCU	Remoto	10	5	50,00%
Modelo 02	Rubio <i>et al.</i> (2018)	Matlab Simulink	Io-link	Sensores Tanque Atuadores (do tipo: Válvula)	Processos do tipo Cíclico	Microsoft Systems Management Server (MSMS) SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte)	Remoto	10	5	50,00%
Modelo 03	Jiménez (2018)	Moodle	Wi-fi (ESP8266)	Não Informado	Intensidade da luz	AVA (ambiente virtual de aprendizagem)	Inteligente	5	2	40,00%
Modelo 04	Makarova (2016)	Não informado	Io-Link	Sensores Arduino câmera Computador TSL (Transport Layer Security)	Face-a-face Processo cíclico Processos acíclicos	Worx para Ethernet industrial	Inteligente	11	7	63,64%
Modelo 05	Lyalina <i>et al.</i> (2011)	Miniaplicativo (VNC)	Profinet	Sensores Arduino câmera Computador	Processo acíclico	CoNeT Mobile Lab	Inteligente	10	5	50,00%

Na tabela 1, consta a relação das variáveis encontradas na literatura com o equipamento proposto, sendo que os itens que estão em destaque na tabela se tratam de variáveis que contemplam o equipamento proposto.

Na coluna, “total de variáveis por modelos” refere-se à somatória das variáveis por cada equipamento encontrado na literatura. Na coluna “percentual de aproveitamento de modelos”, foi utilizada a seguinte expressão, para identificar qual equipamento mais se aproxima com o equipamento proposto neste trabalho.

$$100\% \cdot \frac{\text{Quantidade de itens destacados}}{\text{Total de variáveis do modelo}} \quad (1)$$

A análise da tabela 1, permitiu observar que o equipamento 4 tem o maior percentual de aproveitamento referente às tecnologias da indústria 4.0, com 63,64%. O equipamento 4 é proposto por Makarova (2016) e tem 11 variáveis sendo 7 consideradas tecnologias de ponta, sendo elas, Io-link, sensores, câmera, computado.

Por fim, conclui-se que o equipamento proposto nesta dissertação será com base no equipamento proposto por Makarova (2016), pois o mesmo possui as tecnologias mais recentes como já explicado anteriormente.

4.3 Desenho do fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto

Para elaboração do desenho, baseou-se nos princípios das tecnologias de automação que segundo Forssell e Ljung (1999), todo o processo de automação deverá ser baseado em malha fechada, ou seja, em um equipamento em que os sensores verificam o estado atual do equipamento a ser controlado, e esta medida é comparada com um valor predefinido. Como resultado desta comparação, resultará num erro, ao qual, o equipamento de controle fará os ajustes necessários para que o erro seja reduzido a zero.

Para Loureiro *et al.*, (2002) o processo automatizado deverá seguir as recomendações da chamada pirâmide da automação industrial que apresenta os diferentes níveis de controle de automação industrial, desde os equipamentos em campo até o gerenciamento corporativo da empresa.

O objetivo da pirâmide é construir de forma mais ordenada todo o processo produtivo. Por meio de uma apresentação visual é possível ter uma flexibilidade mais clara dos diferentes níveis de controle e assim poder monitorar todo o ciclo produtivo de forma mais precisa.

Contudo, a pirâmide da automação é dividida em 3 níveis sendo eles: nível de atuador/sensor, nível de *fieldbus* e nível de controle.

No nível de atuador/sensor estão constituídos os equipamentos que têm como função realizar o controle automatizado dos processos produtivos, onde o processo é a totalidade de atividades concorrentes de um equipamento, através das quais, matéria, energia e informação são transformadas, transportadas ou armazenadas, onde pode ser classificado como a predominância das variáveis manipuladas e controladas (COSTA, 2002).

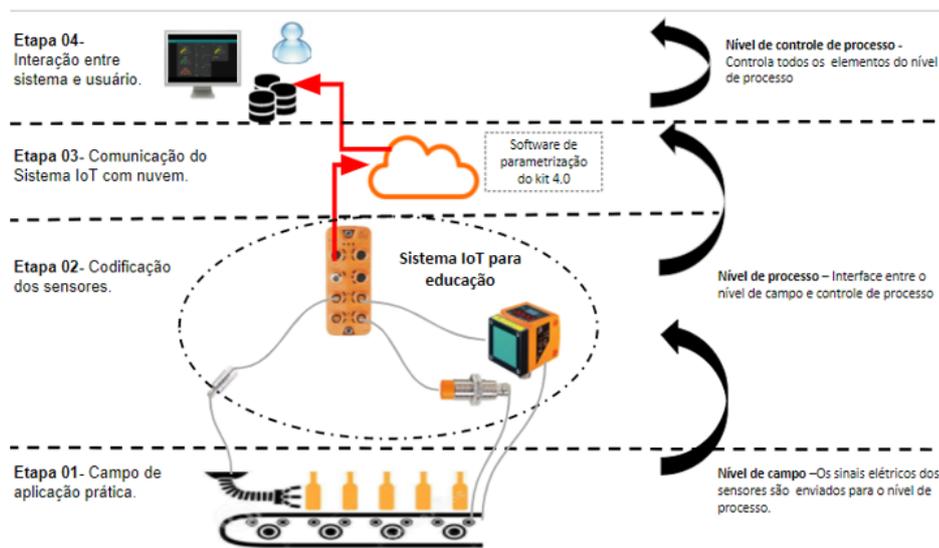
Segundo Loureiro *et al.*, (2002), na pirâmide da automação, no nível de *fieldbus* são encontrados os equipamentos que tornam possível uma ação de controle no meio onde atuam podendo citar como principais controladores o Controlador Lógico Programável- CLP; Controlador Programável- CP); *Single Loop Controller*- SLC; *Multi-Loop Controller*- MLC ; Comando numérico Computarizado- CNC; Interfaces para PC, CP ou CLP; Microcontroladores em qualquer equipamento, incluindo sensores e atuadores.

Por fim, o terceiro nível é o de controle, onde é feita a supervisão e otimização dos processos industriais executados por uma determinada célula de trabalho.

Normalmente um banco de dados dá suporte à operação com todas as informações relacionadas ao processo, no qual um servidor na nuvem, ou um *cloud*, trabalhando juntos, no armazenamento de dados e capacidade de computação.

Com base nessas informações foi possível elaborar o desenho do fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto para esta dissertação. Conforme visto na figura 13.

Figura 13- Fluxo de trabalho do equipamento IoT proposto



Fonte: Dados da pesquisa.

O equipamento IoT proposto permite a elaboração de aulas práticas voltadas a conteúdos relacionados à indústria 4.0 dentro do ambiente educacional. Assim como indicações das tecnologias discutidas e conceitualmente alinhadas com as melhores contribuições, dividido com base na pirâmide da automação, que possui níveis: controle de processo, processo e campo. No equipamento estão incluídas as ferramentas: softwares visualização de dados VES004 e LR DEVICE, comunicação na forma de *Io-Link* e *Wi-fi*; equipamento *Wi-fi*, sensores, fonte de alimentação, eletrônica de diagnóstico, *Master IO- Link* e *Display Bluetooth*; monitoramento por processo cíclicos, acíclicos, temperatura, vibração entre outros; plataforma: *node-red*; controle Inteligente.

O equipamento IoT proposto tem como base os artigos identificados na revisão de literatura, feita como preparação para este estudo de modo que as descrições de cada etapa com a contribuição dessa dissertação são mostradas no quadro 10.

Quadro 10- Etapas de desenvolvimento do equipamento IoT para Educação

Etapa	Descrição	Referências
1	Campo de aplicação na prática	Martin <i>et al.</i> , (2005); Brown & Burton (2015); Viegas <i>et al.</i> , (2018); Loureiro <i>et al.</i> , (2002); Rubio <i>et al.</i> , (2018)
2	Componentes do equipamento IoT	Costa, (2002); Loureiro <i>et al.</i> , (2002); Ye <i>et al.</i> , (2002); Kirner (2016); Balbinot (2011); Makarova e Langmann (2016)
3	Comunicação do equipamento IoT com a nuvem	Martinazzo (2016); Loureiro <i>et al.</i> , (2002);Makarova e Langmann (2016)
4	Interação entre equipamento e usuário	Martinazzo (2016); Loureiro <i>et al.</i> , (2002); Makarova e Langmann (2016)

Fonte: Dados da pesquisa.

4.4 Construção do equipamento IoT proposto

O objetivo dessa etapa é descrever o equipamento IoT e apresentar os seus componentes, de modo que será o responsável em unificar as tecnologias da indústria 4.0 em um equipamento, assim como pelo recebimento e armazenamento das informações fornecidas pelos sensores de posição e processo, transformando essas informações em dados de comunicação IoT. Na figura 14 é apresentada a foto do equipamento IoT desenvolvido.

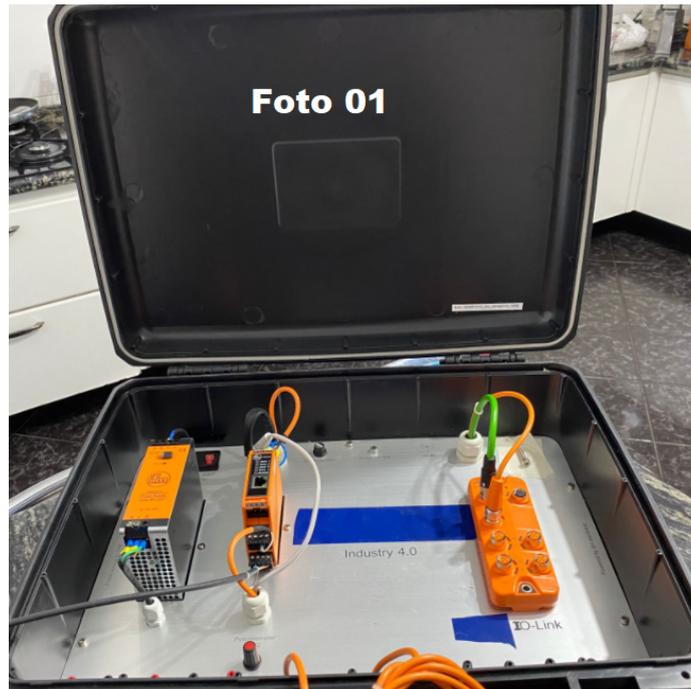
¹ Borne: é um conector de passagem, ele é um dispositivo que serve como um conector de cabos.

² VDC refere-se a volts de corrente contínua.

³ RJ45 é o cabo de Ethernet, ou seja, o cabo de rede.

⁴ Cabo Banana é um acessório para testes eletrônicos com fontes de alimentação de bancada e multímetros.

Figura 14- Foto do equipamento IoT proposto



Fonte: Dados da pesquisa.

O equipamento foi construído em uma mala preta de plástico reforçado a fim de transportar os componentes com facilidade e segurança. A placa metálica instalada serve para fixação dos componentes e proteção da fiação elétrica de modo a deixá-la escondida, além de dar um aspecto *clean* para o equipamento IoT.

A alimentação elétrica e a comunicação dos componentes são enviadas através de um borne para a parte interna do equipamento IoT, no qual, é realizada a alimentação através da fonte de alimentação. Os componentes eletrônicos necessitam de uma alimentação contínua de 18~32 *Voltage Direct Current* (VDC) localizada na parte esquerda do equipamento e uma conexão RJ45 disponível na parte frontal do equipamento, que permite a inserção de um cabo RJ45/RJ45 para conexão em um computador.

A fonte que fornece uma tensão contínua para os componentes, recebe uma tensão alternada da rede e transforma em valor contínuo de 18~32 VDC, porém, para isso é necessário o recebimento da tensão da rede e de modo a facilitar a alimentação através de uma tomada por exemplo. O equipamento dispõe de uma tomada fêmea com um interruptor fusível, no qual, a fonte VDC permanece conectada internamente para facilitar a ligação elétrica através de um conector macho/macho que conecta o equipamento diretamente na rede convencional e o interruptor com fusível permite o

desligamento dos componentes diretamente no equipamento, sem a necessidade de ficar conectando e desconectando os componentes da tomada por exemplo. Além disso, o equipamento contempla de um potenciômetro na cor vermelha e preta para o ajuste e regulagem da alimentação elétrica fornecida.

O equipamento IoT dispõe também de *quatro conjuntos de plugues* de cabo banana (24VDC+GND) em sua parte superior de modo a permitir a ligação e conexão elétrica de itens externos, se necessário. No quadro 11 é apresentado os componentes do equipamento IoT proposto.

Quadro 11- Componentes do equipamento

Etapa	Componentes	Referência
Descrição dos componentes		Akyildiz e Vuran (2010)
1ª Peça:	Fonte de alimentação	
Descrição	Serve para a alimentação de tensão controlada de equipamentos de comando, sensores, atuadores e eletrônica industrial. A fonte de alimentação servirá para alimentação da Eletrônica e o máster <i>IO-LINK</i> .	
2ª Peça:	Eletrônica de Diagnóstico	
Descrição	Eletrônica de diagnóstico para sensores é um aparelho que recebe e impulsiona, em tempo real, todos os parâmetros operacionais de injeção eletrônica, com a função de detectar e corrigir eventuais falhas no equipamento.	
3ª Peça:	Master IO- Link	
Descrição	Separação entre automação e rede de IT de Transmissão confiável de dados de máquina, parâmetros de processo e dados de diagnóstico ao equipamento de comando.	
4ª Peça:	Display wi-fi	
Descrição	O <i>display wi-fi</i> será responsável pela comunicação sem fio que permite que computadores, smartphones, <i>tablets</i> e afins troquem dados entre si e se conectem a partir de ondas de rádio.	
5ª Peça:	Sensores diversos	
Descrição	No equipamento utiliza as informações geradas por diversos sensores para tomar decisões relativas ao controle constante do processo.	
6ª Peça:	CLP	
Descrição	O CLP possui conexões para comunicação e conexões de entradas e saídas, no qual o sensor pode enviar um sinal de comando para o CLP através de sua entrada, o clp processa o sinal e por sua vez dá o comando através da saída que envia o sinal para um contator.	
7ª Peça:	Tanque	

Descrição	A banca de experimento permite a realização de experimentos práticos através de acessórios especiais.
8ª Peça:	Computador
Descrição	O computador será uma componente chave para a visualização que é definida como o uso de representações visuais e interativas de dados, geradas por computador, para amplificar os processos.
9ª Peça:	Softwares
Descrição	Software é um conjunto de instruções que devem ser seguidas e executadas por um mecanismo, seja ele um computador ou um aparelho eletromecânico.

Fonte: Dados da pesquisa.

O equipamento IoT foi baseado em tecnologia *IO-Link* que percorre todos os níveis de controle da produção e da gestão, podendo ser utilizado em projetos de diversas áreas. O equipamento IoT poderá ser utilizado por alunos com diferentes bases de conhecimento.

Assim, o equipamento IoT poderá realizar o sensoriamento e controle de diferentes tipos de variáveis; realizar a comunicação, por meio de vários tipos de interfaces. A linguagem de programação de interface do equipamento IoT será *JavaScript*, que é uma das linguagens de alto nível mais difundidas em cursos de computação e engenharia. Desta forma, o equipamento IoT deverá possuir um tempo de aprendizado e de retorno de implementação, uma vez que a Internet possibilita uma rápida troca de informações. Também, o equipamento IoT pode trabalhar com sensores que se assemelham a processos industriais, de modo que para isso é necessário um conjunto de equipamentos que possam fazer essa comunicação entre o computador e sensores.

4.5 Comunicação do equipamento IoT com nuvem

Nesta etapa será apresentado o *software* de parametrização do equipamento IoT que tem como objetivo possibilitar a configuração dos componentes compatíveis com a tecnologia *IO-Link* via rede utilizando os drivers fornecidos. Na parte funcional, ainda, a identificação dos sensores é feita de forma automática e, uma vez implementado no processo, o *software* permite a representação gráfica dos valores adquiridos, bem como a memorização e exportação de dados e parâmetros.

Software de parametrização para eletrônica:

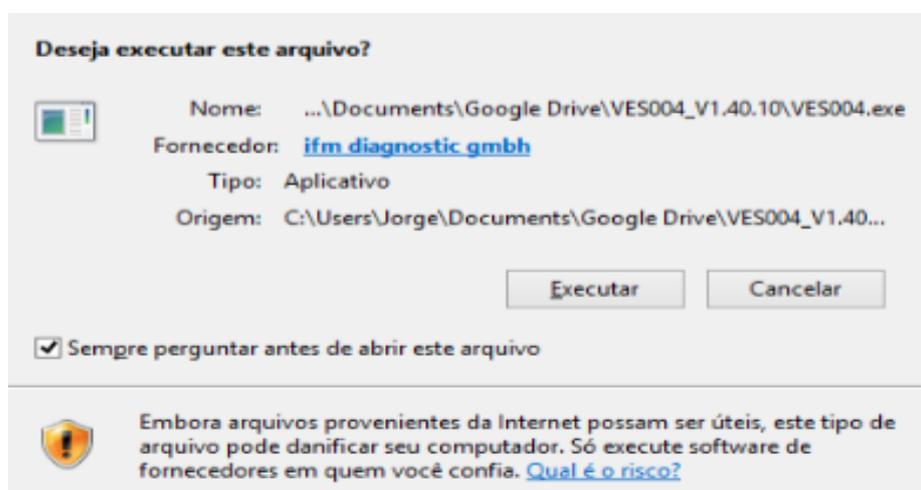
Kalakota (2002) explicou que os softwares são preparados para disponibilizar os resultados que fundem algumas funções em um conjunto de estruturas ajustadas. As utilidades tornam-se possíveis se instalar grande parte de suas funcionalidades integradas às outras utilidades. Segundo He (2015), o protocolo de parametrização é designado para troca de informações e processamento remoto entre ambientes descentralizados ou distribuídos.

Para programar os sensores foi utilizado o *software* livre de parametrização VES004 (2020), em que foi possível realizar o acompanhamento dos defeitos configurados e que apresentam como vantagens (Ifm,2020): comparação de valores de medição de diferentes fontes de dados em um diagrama; visualização de dados do transmissor de vibrações; criação fácil e guiada de tarefas de monitoramento; e estrutura em árvore para o gerenciamento de aparelhos e dados.

Inicialização do *software*:

Ao abrir a aplicação, surge a caixa de diálogo mostrada na figura 15. Para iniciar o programa, clique em “Executar”.

Figura 15- Caixa de diálogo para inicialização do software

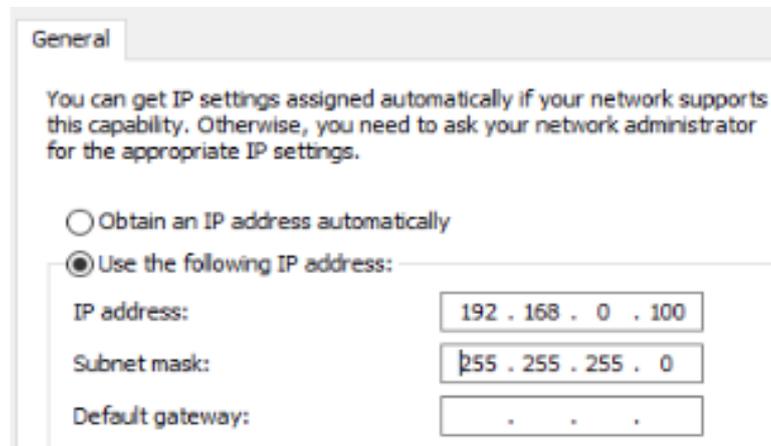


Fonte: Interface do software VES004.

Antes de inicializar a parametrização, é necessário alterar o endereço de IP do computador para deixá-lo no mesmo range da eletrônica de vibração, mediante as

alterações feitas através das configurações de conexão de rede do computador, conforme indicado na figura 16 no campo “*IP address*”, a última sequência deve ser preenchida com o numeral 100 para que não haja conflito com o endereço de IP da eletrônica de vibrações.

Figura 16- Configuração de endereçamento IP do computador

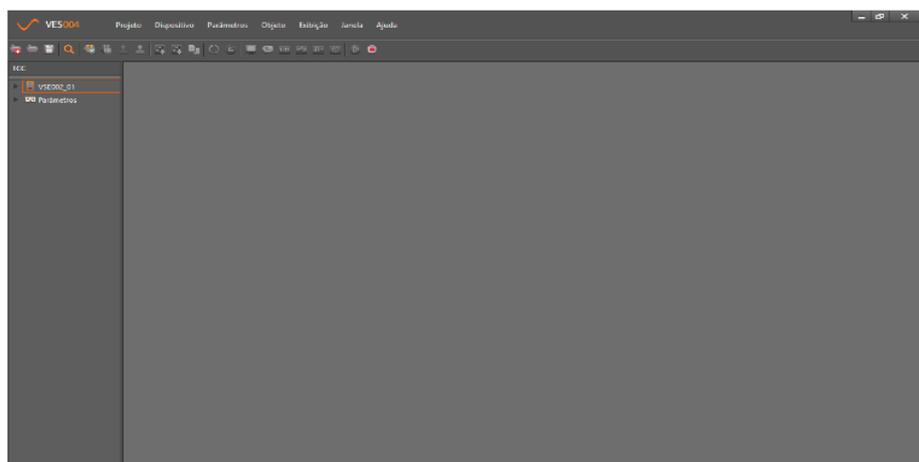


Fonte: Interface do software VES004.

Tela inicial do *software*:

Após a etapa de *download* do *software* VES004 o *dashboard* não contém nenhuma informação, por isso, é necessário parametrizar os *softwares*, como mostra a figura 17.

Figura 17- Tela inicial do software VES004



Fonte: Interface do software VES004.

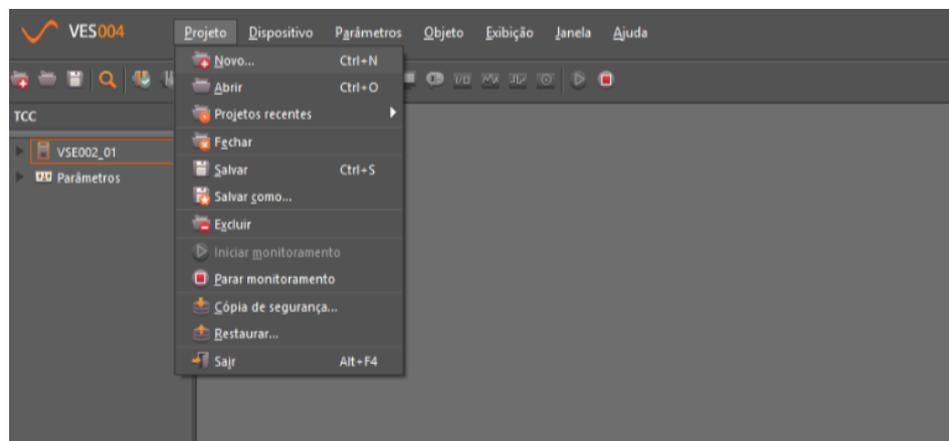
A parametrização entre o equipamento e o *software* tem o desempenho de controlar a qualidade do sensor para dar *feedback*. Em algumas aplicações de

controle de *feedback*, as características do sensor podem mudar com o tempo e são frequentemente incertas, de modo que medições imprecisas são inevitáveis (DE SILVA, 2019).

Reconhecimento da eletrônica de monitoramento VSE002:

Nesta etapa é definido um nome para o projeto e logo após é dado início à inclusão dos componentes a serem monitorados. Para isso, deve-se clicar em “equipamento”, depois em “Novo”, “Monitor de Vibração” e finalmente em “equipamento eletrônico de diagnóstico VSE002” que é o condizente com o usado no equipamento IoT na figura 18.

Figura 18- Acesso à opção de criação de novo projeto

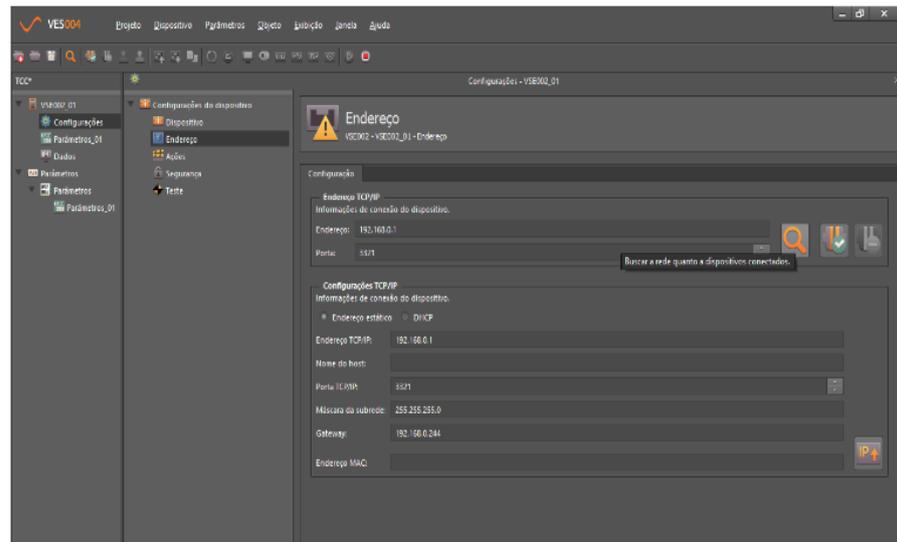


Fonte: Interface do software VES004.

Buscando conexão de rede:

Para que a IoT seja desenvolvida é necessário o suporte de algumas tecnologias inovadoras, como, a identificação de radiofrequência- RFID – *Radio Frequency Identification*, sensores, atuadores, telefones celulares, arquitetura de redes, protocolos, interoperabilidade e conexão sem fio (ATZORI *et al.*, 2010). Também, para que o *software* possa buscar os equipamentos conectados na mesma rede basta clicar no ícone para “Buscar a rede” quando os equipamentos estão conectados. Conforme o botão indicado na figura 19.

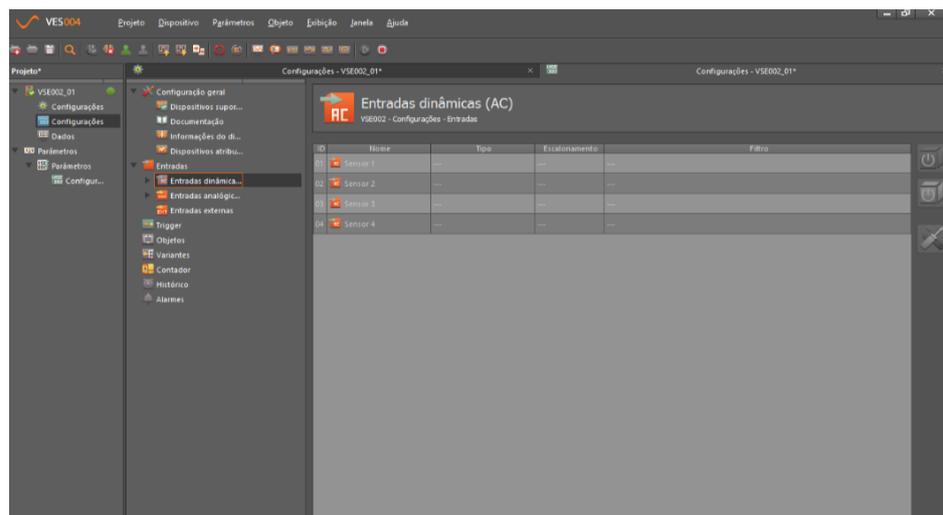
Figura 19- Acesso à opção de busca de sensores na rede



Fonte: Interface do software VES004.

Em seguida, deve-se clicar em “Escanear” para que os softwares façam a varredura na rede em busca de equipamentos conectados. Caso algum seja encontrado, é listado com seus respectivos endereços na janela representada na figura 20.

Figura 20- Tela de resultados de sensores encontrados na rede I.



Fonte: Interface do software VES004.

Ao realizar este passo, o sensor atribuído automaticamente associa o tipo de equipamento e as formas de detecção incluindo a unidade e a filtragem do sinal, conforme mostrado.

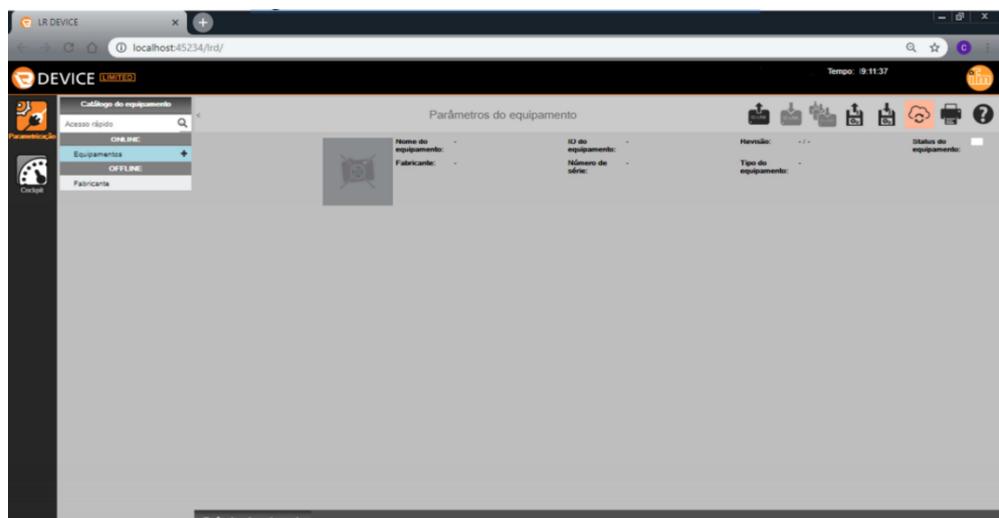
Software IO-Link LR DEVICE (QA0011)

Na etapa anterior foi usando o *software* o VES004 para parametrização da eletrônica de diagnóstico, e nesta etapa será apresentado o LR *DEVICE* (2019) que é um *software* intuitivo no qual é possível parametrizar, analisar e compilar dados de todos os itens de sensoriamento que possuem a tecnologia *IO-Link*, independentemente da marca do equipamento. O *software* é dividido em duas janelas principais, sendo a de parametrização e a do *Cockpit*. A primeira serve como ferramenta de ajuste dos dados do sensor de acordo com os valores escolhidos pelo operador, levando em consideração os limites de uso de cada equipamento. A segunda permite analisar os valores de processo em tempo real e assim compilar esses dados para tomada de decisão.

Procedimentos para uso do *software*:

Após ter feito o *download* do LR *DEVICE* em sua tela inicial direciona o operador para parametrização do sensor ou mestre IO-Link, conforme mostra a figura 21.

Figura 21- Tela de resultados de equipamentos encontrados na rede II.



Fonte: Interface do software VES004.

A seguir, poderá ser feita leitura dos sensores para demonstração de alguns parâmetros, por exemplo, com a sequência:

- Realizar a ligação do sensor com a interface ao computador;
- Clicar no *software* LR DEVICE já instalado no computador para inicialização do programa;
- Para a leitura do sensor ligado na interface, clique uma vez sobre o item “Ler Equipamento”.

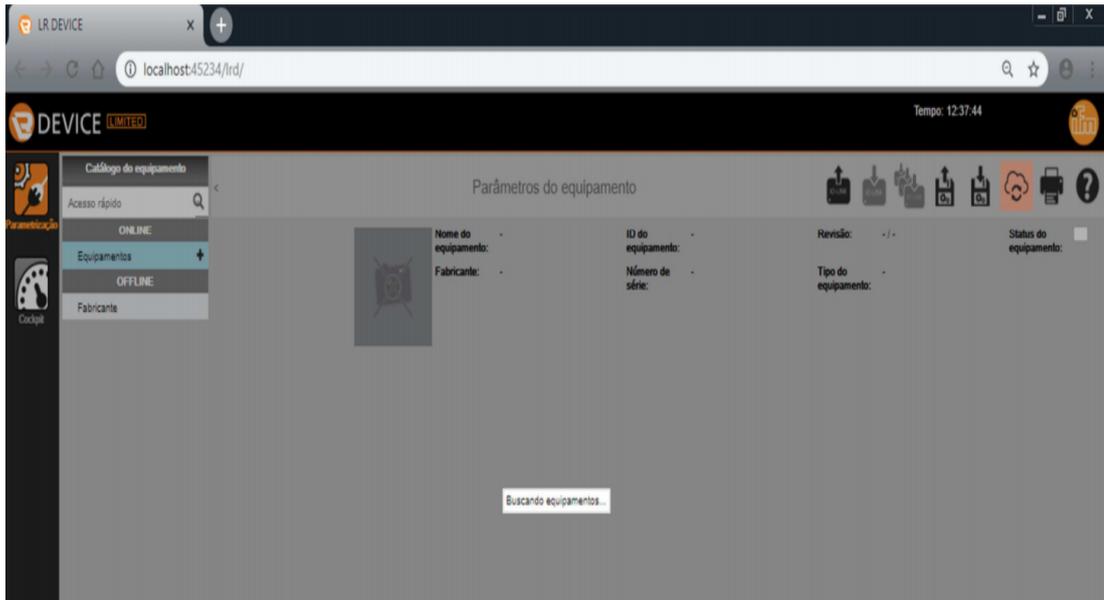
Figura 22- Tela de resultados de equipamentos encontrados na rede



Fonte: Interface do software VES004.

Ao fazer este procedimento, na tela surgirá a mensagem “Buscando equipamentos...” conforme figura 23, momento no qual o computador estará se comunicando com o sensor instalado.

Figura 23- Processo de busca de equipamentos.



Fonte: Interface do software VES004.

Com o item já identificado, o *software* habilita todas as funcionalidades parametrização do equipamento escolhido, na qual, o operador pode ajustar os parâmetros remotamente.

O sensor pode ser parametrizado de acordo com a necessidade do operador, sendo limitado à condição de operação de cada equipamento. Após o equipamento ser identificado, é válido ressaltar a funcionalidade de dois processos base do software LR *DEVICE*, sendo os ambientes Parametrização e o *Cockpit*.

5. UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO IoT NUM CASO REAL

Os participantes que compõem a amostra de sujeitos desta pesquisa são alunos da Escola Estadual Professor Asdrubal do Nascimento Queiroz na cidade de Itapeçerica da Serra-SP. Os dados foram fornecidos por 38 alunos do 3^a ano do Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Informática. Parte desses alunos advém do Ensino Fundamental de escolas públicas e a minoria é de escolas privadas e a faixa etária é de 16 a 18 anos. A tabela 2 apresenta a descrição da amostra desta pesquisa.

Tabela 2- Dados demográficos

Sexo	
Masculino:	Feminino:
52 %	48%
Faixa etária	
De 16 a 17 anos:	45 %
De 17 a 18 anos:	55 %
Estudou em escola particular	
Sim:	21%
Não:	79%
Dispositivo para navegar na internet	
Smartphone	66,5%
Tablet	17,5%
Laptop	5 %
Computador	11%

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados foram extraídos da pesquisa de campo aplicada na Escola Estadual Professor Asdrubal do Nascimento Queiroz. Entre os 38 alunos, 52% são do sexo masculino e 48% são do sexo feminino. Dos alunos da turma do 3^a ano Ensino Médio Integrado ao Técnico em Informática, 55% têm mais de 16 anos, 45% têm entre 16 a 17 anos.

Dados do Comitê Gestor da Internet no Brasil de 2014, publicados no site da UOL29, confirmam que oito em cada 10 crianças e jovens brasileiros entre 9 e 17 anos usuários de internet costumam acessar a rede pelo smartphone todos ou quase todos os dias. Entre os equipamentos mais usados pelos alunos para navegar na internet, o

smartphone é apontado pelos alunos em primeiro lugar com 66,5%, seguido do tablet, com 17%, e do laptop, com 5%, o que reitera a preponderância do dispositivo smartphone em várias camadas sociais.

5.1 Experimento

Segundo Kerlinger (1910), um experimento ou experiência é um tipo de pesquisa científica no qual o cientista opera e controla uma ou mais variáveis independentes e observa a alternativa nas variáveis dependentes concomitantemente à manipulação das variáveis independentes. O experimento foi dividido em duas etapas: a fase 1 sem equipamento e a fase 2 com equipamento.

- **Experimento fase 1:**

O experimento fase 1 foi realizado na sala de aula da Escola Estadual Professor Asdrubal do Nascimento Queiroz na cidade de Itapeverica da Serra-SP da turma do 3^a ano do Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Informática. O experimento foi aplicado nos dias 7, 8, 9 e 10 de dezembro de 2021.

Nos dias 7 e 8 de dezembro de 2021 foi aplicado o teste em duas turmas de 19 alunos e um professor. Nessa primeira fase o professor explicou o conteúdo para os alunos em sala de aula sob tema de “Escala de temperatura Celsius e Fahrenheit” o livro que o professor usou para abordar o assunto para os alunos foi do (Tipler, 2009).

O professor explicou a criação da escala em Celsius, que também é conhecida como escala centígrada e escala fahrenheit. Para a explicação do conteúdo, o professor usou apenas o livro e a lousa. Nesta primeira fase, os alunos receberam informações sobre o tema que seria aplicado no dia do experimento. A aula com explicação do tema teve duração média de 40 minutos, no qual, o professor deixou aberto para os alunos discutirem e fazerem perguntas sobre o tema.

Após a explicação sobre o tema, o professor aplicou o exercício da primeira fase, que é sem o equipamento. No primeiro momento o professor fez a leitura do exercício (APÊNDICE A) e depois apresentou para os alunos os objetos para realização do exercício, sendo eles:

- Termômetro modelo: Termômetro Digital à Prova D'Água - AK05

- Papel
- Lápis
- Borracha
- Tanque (5L)
- Água
- Calculadora de mesa.
- Celular

Após apresentar aos alunos os materiais necessários para a realização do experimento, o professor simulou o primeiro teste da hipótese 1, sem o equipamento IoT. Esta etapa foi dividida em dois passos, primeiro: Coleta de temperatura. Segundo: Resolução do exercício.

Passo (1) Coleta de temperatura:

1. Formar dupla, no qual, o primeiro aluno coleta a temperatura e o segundo apenas auxilia, anotando os resultados e cronometrando o tempo gasto pelo colega de classe.
2. Com o tanque d'água na temperatura ambiente, a dupla se posiciona próximo ao tanque para medir a temperatura da água. Nesta instância um dos alunos deveria cronometrar o tempo que seu colega inseriu o termômetro no tanque até gerar a temperatura.
3. Assim que o dispositivo emitir um som, significa que já aferiu a temperatura, então, a dupla deverá anotar o resultado da temperatura em grau Celsius e parar o cronômetro.

Passo (2) Resolução do exercício:

Nesta segunda fase do experimento, o aluno realizou o exercício (APÊNDICE A). O aluno transformou a temperatura em Celsius coletada no tanque para Fahrenheit.

- O professor entregou o exercício para a dupla.
- A dupla verificou se o material para realizar o exercício já está conforme solicitado pelo professor (lápis, borracha e calculadora).

- Assim que o aluno já estava preparado a sua dupla iniciou a cronometragem do tempo.
- Após o aluno terminar o exercício, a sua dupla parou o cronômetro e anotou o tempo gasto nesta fase.

Sendo assim, o experimento foi conduzido conforme passo descrito acima, por todos os alunos que compõem a base amostral desta pesquisa. O experimento fase 1 foi realizado nos dias 7 e 8 de dezembro de 2021. Sendo que, foi aplicado o teste em duas salas de 19 alunos cada. Após o término do experimento fase 1 o pesquisador inseriu os dados fornecidos pelos alunos em uma planilha do Excel 2010, conforme tabela 3.

Tabela 3- Dados do experimento.

Tempo: H1- O tempo no desenvolvimento da atividade acadêmica será menor quando o aluno fizer uso do equipamento.							
Indivíduo	SEM EQUIPAMENTO						
	Temperatura coletada		Tempo para coleta da temperatura no tanque	Tempo (s) para resolução do exercício	TEMPO TOTAL SEM EQUIPAMENTO		
	°C	°F (Resolução)					
1	20	68	180	s	40	220	s
2	25	77	180	s	40	220	s
3	20	68	240	s	67	307	s
4	25	77	180	s	32	212	s
5	21,5	70,7	180	s	60	240	s
6	23,5	74,3	240	s	54,6	294,6	s
7	20	68	300	s	180	480	s
8	15	59	240	s	60	300	s
9	24	75,2	240	s	75	315	s
10	22	71,6	300	s	103	403	s
11	24	75,2	240	s	92	332	s
12	25	77	240	s	87	327	s
13	20	68	240	s	64	304	s
14	22	71,6	240	s	67	307	s
15	20	68	240	s	58	298	s
16	21	69,8	240	s	70	310	s
17	20	68	240	s	91	331	s
18	25	77	240	s	57	297	s
19	20	68	240	s	60,6	300,6	s
20	22	71,6	240	s	87	327	s
21	25	77	240	s	90	330	s
22	20	68	240	s	76	316	s
23	23	73,6	240	s	71	311	s
24	21	69,8	300	s	162	462	s
25	22	71	240	s	53	293	s
26	20	68	240	s	119	359	s
27	25	77	240	s	78	318	s
28	21	69,8	300	s	108	408	s
29	25	77	300	s	103	403	s
30	20	68	240	s	94	334	s
31	22	71,6	300	s	194	494	s
32	24	75,2	300	s	168	468	s
33	25	77	300	s	140	440	s
34	23	73,4	300	s	191	491	s
35	20	68	240	s	57	297	s
36	21	69,7	240	s	53	293	s
37	25	77	180	s	44	224	s
38	22	71,6	240	s	54	294	s

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 3 foi preenchida pela pesquisadora logo após o término do experimento. A pesquisadora anotou na planilha a temperatura que os alunos aferiram durante o experimento e depois na segunda coluna os resultados dos exercícios, ou seja, a temperatura em Fahrenheit. O “tempo do experimento” como foi mencionado

anteriormente foram divididos em dois passos, sendo eles: **Passo (1) Coleta de temperatura & Passo (2) Resolução do exercício**. Os dados desta tabela serviram de apoio para análise quantitativa desta pesquisa.

- **Experimento fase 2:**

Na fase 2 do experimento testou-se a influência do equipamento na resolução do exercício (APÊNDICE A). O experimento também foi realizado na sala de aula da Escola Estadual Professor Asdrubal do Nascimento Queiroz na cidade de Itapeceira da Serra-SP da turma do 3ª ano do Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Informática. O experimento foi aplicado no dia posterior ao experimento 1, no qual, o aluno já tinha conhecimento do conteúdo teórico sobre “Escala de temperatura Celsius e Fahrenheit”. A fase 2 foi aplicada nos dias 8 e 9 de dezembro de 2021. O experimento foi realizado em dois dias com salas de 19 alunos, 1 professor e 1 pesquisadora.

A escola forneceu para os alunos 5 notebooks, no qual, foi instalado o software LR DEVICE, para que os alunos usassem de modo revezando entre eles. Para o experimento fase 2 foram utilizados os seguintes materiais:

- Recipiente com 5 litros de água à temperatura ambiente
- Sensor (LR3000)
- Equipamento IoT
- Software LR DEVICE (versão paga)

Vale ressaltar que o sensor já estava posicionado no tanque conforme figura 24.

Figura 24- Tanque utilizado para as medições



Fonte: Dados da pesquisa.

O tanque figura 24 foi utilizado para o experimento 1 e experimento 2, o mesmo foi construído com chapas de acrílico e cantoneiras em suas arestas laterais e inferiores, possuindo dimensões brutas de 317 mm (largura) x 327 mm (profundidade) x 619 mm (altura) sobre uma base feita com chapa de aço. A borda da base pode ser utilizada para o posicionamento do sensor. A chapa de aço, por sua vez, é apoiada sobre feltros que têm a função de proteger a superfície onde o conjunto será colocado.

No topo, há uma cobertura também feita de aço com uma abertura de 200 mm (largura) x 212 mm (profundidade) para a realização do enchimento, onde pode ser fixada, por meio de porcas e parafusos, uma chapa de acrílico para tampar o recipiente e também sustentar a placa de flange (modelo E43202) na qual é instalada a unidade eletrônica de avaliação (sensor de nível contínuo modelo LR3000), utilizado em conjunto com a haste de sonda (modelo E43227), em contato com o fluido, que pode ser eliminado do recipiente através da torneira localizada na face frontal do tanque.

Após apresentar aos alunos o material necessário para a realização do experimento, o professor simulou o primeiro teste da hipótese 1, com o equipamento IoT conforme passo a passo, a seguir:

- Formar dupla, no qual, o primeiro aluno coleta a temperatura e o segundo apenas auxilia, anotando os resultados e cronometrando o tempo gasto pelo colega de classe.

- Com o tanque d'água na temperatura ambiente, o aluno deverá conectar o equipamento IoT no sensor e por meio do computador inicializar o programa LR DEVICE, (conforme instruído no manual de uso do software) e analisar os parâmetros exibidos na tela.

Sendo assim, o experimento foi conduzido conforme passo descrito acima, por todos os alunos que compõem a base amostral desta pesquisa. O experimento fase 2 foi realizado nos dias 9 e 10 de dezembro de 2021. Sendo que, foi aplicado o teste em duas salas de 19 alunos cada. Após o término do experimento fase 1 o pesquisador inseriu os dados fornecidos pelos alunos em uma planilha de Excel 2010, conforme tabela 4

Tabela 4- Dados do experimento com equipamento

COM EQUIPAMENTO		
Temperatura coletada		Tempo (s) total do experimento com equipamento: Coleta de temperatura + resultado em F°
°C	°F	
20	68	56
25	77	57
20	68	60
25	77	61
21,5	70,7	61
23,5	74,3	61
20	68	61
15	59	61
24	75,2	62
22	71,6	62
24	75,2	62
25	77	63
20	68	63
22	71,6	63
20	68	63
21	69,8	63
20	68	64
25	77	64
20	68	65
22	71,6	65
25	77	65
20	68	66
23	73,6	66
21	69,8	66
22	71	67
20	68	67
25	77	67
21	69,8	67
25	77	68
20	68	68
22	71,6	68
24	75,2	69
25	77	69
23	73,4	69
20	68	69
21	97,7	70
25	77	71
22	71,6	73

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 4 representa os dados do experimento 2 (com equipamento). No experimento 2, a tabela possui uma coluna com o tempo total do experimento em (s)

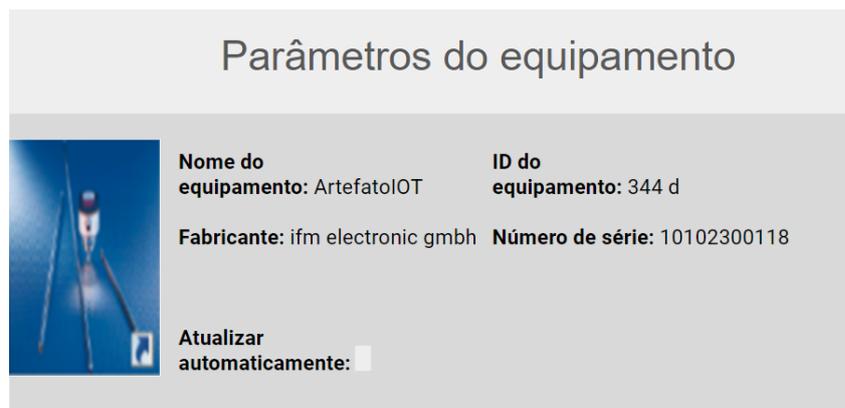
não foi necessário dividir em dois passos como no experimento 1: **Passo (1) Coleta de temperatura & Passo (2) Resolução do exercício**. Porque no experimento 2, o aluno apenas conectou o equipamento no tanque e o resultado já ficou disponível na tela de seu computador, como será mostrado a seguir.

- **Interação entre sistema e usuário**

O aplicativo em nuvem mostrará os dados coletados de sensores, no qual, permitirá que o usuário tenha acesso a biblioteca de sensores, e os fluxos que permitem que os equipamentos enviem dados e comandos de processo que podem ser construídos. E também permite coletar *Big Data* nos equipamentos de IoT no quais são armazenados no banco de dados interno.

Além disso, os dados coletados podem ser processados para obter as informações desejadas e realizar estatísticas e análises. Algumas análises serão representadas nas figuras 25 e 26.

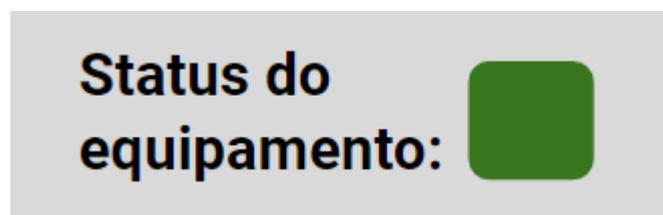
Figura 25- Dados do equipamento IoT



Fonte: Interface do software LR DEVICE.

Após a leitura do sensor, o *software LR DEVICE* estabelece a imagem e alguns dados (inalteráveis) do item escolhido.

Figura 26- Dados do sensor II



Fonte: Interface do *software LR DEVICE*.

O *status* (estado) do equipamento mostra se o processo está de acordo ou em desacordo para realização da parametrização. Na figura 27 mostra a tela em que o usuário seleciona a opção da unidade de medida e o valor é exposto na tela.

Figura 27 - Parâmetro do equipamento

Parâmetros do equipamento

	Nome do equipamento: ArtefatoIoT	ID do equipamento: 344 d
	Fabricante: ifm electronic gmbh	Número de série: 10102300118
	Temperaturas	

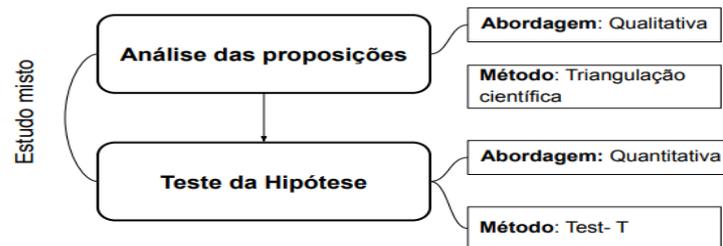
Graus celsius:	<input type="checkbox"/>	Valor: 25,00
Graus fahrenheit:	<input checked="" type="checkbox"/>	Valor: 77,000

Fonte: Interface do software LR DEVICE

5.2 ANÁLISES DE DADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados qualitativos e quantitativos. Por se tratar de um estudo misto, segundo Creswell (2007) este método combina os métodos predeterminados das pesquisas quantitativas com métodos emergentes das qualitativas. Sendo assim, dividimos esta seção em duas etapas, sendo elas: Triangulação dos resultados das análises qualitativas e teste-t da hipótese: tempo. Conforme figura 28.

Figura 28- análise dos resultados



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme figura 28, na abordagem qualitativa os resultados serão referentes às proposições, encontradas na literatura da base teórica desta pesquisa, e na análise quantitativa serão apresentados os resultados do teste- t da hipótese tempo.

5.2.1 Triangulação dos resultados das análises qualitativas

A metodologia utilizada foi experimental com uso dos procedimentos de triangulação em pesquisas científicas em Engenharia de Produção. Segundo Denzin (2005), a triangulação qualitativa organiza e sistematiza as principais questões e aspectos inerentes à pesquisa, de forma a combinar diferentes métodos de coleta de dados, diferentes perspectivas teóricas em diferentes momentos para consolidar suas conclusões a respeito do fenômeno que está sendo investigado. Nesta seção, foi realizada a análise dos resultados obtidos na pesquisa através da triangulação e métodos qualitativos com a intenção de garantir a confiança e a legitimação das constatações da pesquisa com base nas dimensões, a seguir:

- **(i) Eficiência vs Eficácia**

Esta dimensão tem como premissa atender o terceiro objetivo proposto desta pesquisa que é: testar a influência do equipamento IoT no aprendizado de alunos numa situação real.

A dimensão (i) Eficiência, foi com base no estudo de Domínguez *et al.*, (2010), sendo assim, a proposição será analisada da seguinte maneira.

P1- A eficiência no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

Nesta proposição foi analisada a eficiência do equipamento IoT desde a coleta da temperatura até o resultado final. Conforme Peter Fisk (2017) um produto eficiente consiste em utilizar o mínimo de recursos possíveis, no menor tempo possível. Analisando o fator “tempo” os alunos levaram um tempo maior para realizar o exercício sem equipamento do que com equipamento, o tempo médio do experimento sem o equipamento foi de 333,18 segundos e com o equipamento foi de 64,79 segundos, ou seja, o tempo diferencial do aluno com o equipamento foi de 33,38% menor do que sem o equipamento. Levando em consideração esses dados, o equipamento é eficiente.

Outro ponto a ser considerado, são os recursos, segundo Margolis (2020) o teste de eficiência testa a quantidade de recursos exigidos por um programa para executar uma função específica e essa quantidade de recursos utilizados por unidade de trabalho realizada. Esses recursos podem ser qualquer coisa, desde computação ou até mesmo funcionários. Como já mencionado, em relação ao tempo médio do experimento o teste com o equipamento mostrou-se mais ágil, porém por se tratar de um produto tecnológico foram utilizados mais recursos como: Internet, computador e equipamento IoT. E no experimento fase 1 sem o equipamento, os alunos não tiveram recursos tecnológicos. Segundo Weyer (2015) a ausência de recursos pode ser um problema para empresas, pois essa falta pode causar acidentes como panes imprevistos e ataques, que podem trazer grandes perdas para a empresa, inclusive financeiras. Sendo assim, conclui-se que a eficiência do equipamento é discutível, pois dependerá do número de alunos, tempo de uso e conteúdos relacionados e a aplicabilidade do equipamento IoT. Em relação à eficácia através dos dados

coletados é notável que o uso do equipamento é recomendado, porque o equipamento IoT atingiu o objetivo esperado.

- **(ii) Praticidade**

A dimensão (ii) Praticidade foi com base no estudo de Soares *et al.*, (2018) e adaptada a esta dissertação.

P2- A praticidade no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

Segundo Weyer (2015) um produto/equipamento para ser considerado prático, deverá atender 3 pré-requisitos, sendo eles: funcionalidade, facilidade e simplicidade. No quadro 12 serão apresentados os 3 pré-requisitos coletados na pesquisa de campo.

Quadro 12- Análise de resultados: Praticidade

PRATICIDADE		
Recomendações teórica	Sem artefato	Com artefato
Facilidade		X
Funcionalismo	X	X
Simplicidade	X	

Fonte: Weyer (2015)

Conforme quadro 12 observa-se que o equipamento IoT não atendeu apenas um dos três pré-requisitos, que foi a simplicidade. O autor Dias (2013) menciona que os indivíduos têm dificuldade em manusear equipamentos que nunca tiveram contato e que essa dificuldade se dá pelo receio de errar ou danificar o equipamento. Na pesquisa de campo, notou-se que alguns alunos tiveram esse medo e/ou receio e esse tipo de situação é explicado pelo autor Vasconcelos (2017) que menciona que a simplicidade do produto vai além do primeiro uso, após a familiarização do objeto que está sendo usado pelo indivíduo. O autor também menciona que os indivíduos têm

dificuldades em utilizar quaisquer equipamentos que nunca teve contato antes, até mesmo smartphones, tablets e computadores.

E isso foi evidenciado na pesquisa de campo, os primeiros alunos que realizaram o experimento tiveram essa percepção do equipamento IoT, isso antes de coletar a temperatura no tanque. A partir do quarto aluno, foi evidente que eles estavam mais confiantes e acharam o equipamento simples de usar, pois não havia questionamento no modo de usar e o aluno era assertivo ao manusear o equipamento IoT.

No experimento fase 1 sem o equipamento, os alunos acharam o equipamento simples de usar, pois não se tratava de algo inovador. No artigo de Cavalcanti (2017) o autor menciona que a inovação muitas vezes deixa de ser algo simples, por isso é necessário a prática no cotidiano. Outro pré-requisito analisado nesta proposição foi a "facilidade". Em sala de aula, após o primeiro contato com o equipamento os alunos não apresentaram dificuldades em manusear, segundo Kuwabara (2010), um produto que possui a característica de "facilidade", precisa ser de fácil manuseio. Para análise deste pré-requisito considera-se dois aspectos, primeiro o uso do equipamento e segundo a resolução do exercício. Quanto ao uso do equipamento no experimento fase 1 sem o equipamento, os alunos não tiveram dificuldade pois os mesmo já estavam familiarizados com o equipamento, que já vem sendo usado em sala de aula, mas os alunos mencionaram a dificuldade em realizar os cálculos do exercício, pois alguns alunos não estavam com calculadoras e outros tiveram dificuldade em usar a fórmula matemática, devido a esses pontos desconsidera-se a facilidade para o experimento fase 1 sem equipamento, pois o processo de análise tem que ser realizado como o todo, menciona (DRESCH *et al.*, 2015).

Na condição de "Funcionalidade", ambos tiveram resultados positivos, neste ponto considerou as respostas dos exercícios dos alunos e nenhum aluno errou o exercício, todos obteve a nota máxima. Segundo Dresch *et al.*, (2015), a funcionalidade de um produto é um conjunto de benefícios para o usuário. Sendo assim, concluiu, ambos experimentos (fase 1 e fase 2) podem ser considerados como prático, pois atendem quase todos os requisitos estabelecidos pelo autor (DRESCH *et al.*, 2015).

- **(iii) Inovação**

A dimensão (iii) Inovação foi com base no estudo de Puncreobutr (2016) e adaptada a esta dissertação.

P3- O contato com a Inovação no desenvolvimento da atividade acadêmica será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento.

Segundo Cavalcanti (2017) um produto para ser inovador precisa ser algo novo, novidade, não se baseia apenas em algo nunca feito, mas em processos ou funcionalidades diferentes que apenas é aprimorado em algo já existente. Para análise desta proposição foram feitos 3 questionamentos para os alunos: (1) vocês já usaram equipamentos que utilizam IoT (2) O equipamento foi inovador? (3) usaria a tecnologia IoT mais vezes? Essas foram as perguntas feitas para os alunos, as perguntas foram retiradas do artigo de (LYALINA *et al.*, 2011).

Sobre o primeiro questionamento (1) vocês já usaram equipamentos que utilizam IoT. Os alunos responderam que não, que a única tecnologia habilitadora da indústria 4.0 que eles tiveram acesso na escola foi a impressora 3D. *“A ideia de usar equipamentos tecnológicos em sala de aula não é substituir o aprendizado passivo, mas também fazer uso do método de aprendizagem ativa, fazendo com que o aluno tenha acesso a essas tecnologias e possa futuramente utilizar quando estiver no mercado de trabalho, e está à frente dos demais”*. Afirmou o professor. Esse fato também é confirmado pelo autor que o mercado está cada vez mais exigente e busca por jovens que tenham facilidade em usar equipamentos tecnológicos.

Com o uso do equipamento IoT os alunos perceberam que o monitoramento de um processo poderia ser facilmente controlado através de um computador que gerasse relatórios a fim de auxiliar nas tomadas de decisões. Segundo Cavalcanti (2017), um equipamento tecnológico é capaz de reduzir a perda em um processo produtivo, por exemplo.

Outra questão levantada para medir a inovação do equipamento foi: (3) usaria a tecnologia IoT mais vezes? E a resposta foi, sim, pois a escola solicitou o equipamento IoT para que os alunos fizessem uso com frequência. Sendo assim, o equipamento foi doado para escola a fim de ajudar no aprendizado dos alunos. Além disso, boa parte do conteúdo trabalhado em sala tende a se basear em conceitos

abstratos e, devido a isso, as aulas práticas utilizando o equipamento conseguem aproximar ideias e alunos por meio da atividade acadêmica. Podendo ser trabalhado com uma situação-problema, exemplificando o tema a ser investigado no laboratório (MARGOLIS,2020).

- **(iv) Aprendizagem**

A dimensão (iv) Aprendizagem foi com base no estudo de Donald Kirk Patrick, sendo assim, utilizou-se como referência as proposições do estudo de (RAGSDALE, 2020).

P4- A aprendizagem será melhor quando o aluno fizer uso do equipamento IoT.

A análise desta proposição foi dividida em 4 níveis, que são: reação, aprendizagem, comportamento e resultados, conforme recomendação feita no estudo de Donald Kirkpatrick.

Reação:

Neste nível foi medido como os alunos reagem ao processo formativo (GUNDERMAN, 2015). Segundo Noe (2010) a avaliação desse nível deve incluir questões relacionadas com a satisfação dos alunos, materiais de formação e a organização da formação.

Nesta parte do estudo as questões eram respondidas seguindo a escala de *Likert*, onde os alunos analisavam a questão e marcavam a opção que mais se aproximava do grau de concordância ou discordância, onde a opção 1 referia-se a discordar totalmente da afirmação, a opção 2 discorda parcialmente da afirmação, a opção 3 nem discorda e nem concorda com a afirmação, a opção 4 concorda parcialmente com a afirmação e a opção 5 concorda totalmente com a afirmação em questão. No tocante à percepção dos alunos em relação equipamento IoT, pode-se observar analisando os dados da tabela 5, que 58,78 % dos alunos concordam que o equipamento IoT auxilia no aprendizado, o que indica que está conseguindo ser eficaz em sala de aula.

Tabela 4- Análise das reações conforme Donald Kirkpatrick

Perguntas	Discordo totalmente (%)	Discordo parcialmente (%)	Nem discordo nem concordo (%)	Concordo parcialmente (%)	Concordo totalmente (%)
Os conteúdos foram abordados com profundidade adequada para a compreensão do tema proposto.	3,23	9,68	16,13	64,52	6,45
Os tópicos abordados eram relevantes para mim.	6,45	19,35	19,35	38,71	16,13
O equipamento estava exposto de maneira fácil de usar	22,58	12,9	3,23	48,39	12,9
Tinha conhecimento sobre as tecnologias da Indústria 4.0	45,16	19,35	9,68	12,9	19,35

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 4 de medição do nível 1- reação, contém perguntas sobre a ação de formação, mais especificamente sobre o interesse/eficácia dos temas, meios técnico-pedagógicos, instalações/condições ambientais e por último, a avaliação global da ação e também sobre o aluno.

Aprendizagem:

Neste nível foi avaliado o que os alunos retiram da experiência com o equipamento IoT, podendo ser vista a nível de conhecimento, capacidades ou mudança de perspectiva, em suma o que foi realmente absorvido (GUNDERMAN, 2015).

Segundo Kirkpatrick (1979) a avaliação da formação neste ponto pode ser aplicada dentro do programa de formação do aluno. Pode também ser criada uma situação de (antes e depois), onde os participantes podem demonstrar o que sabem ou não sobre os princípios e técnicas (KIRKPATRICK, 1979). O autor Endres (1990) também apoiam esta ideologia, afirmando que é necessário realizar testes antes e depois da formação, com o argumento de que sem uma comparação de referência, a medição do conhecimento no final de um curso não mostrará o quanto foi aprendido.

Na pesquisa de campo após o teste prático com o equipamento IoT o professor aplicou o teste de conhecimento de internet das coisas. As perguntas respondidas pelos alunos são demonstradas na tabela 5.

Tabela 5- teste de conhecimento de internet das coisas

Questões de verdadeiro ou falso	Percentual de acerto (%)	Percentual de erro (%)
1- A IoT é a flexibilidade em interligar diversos objetos e máquinas através da Internet e mediante a utilização de sensores.	80,64	19,36
2- O sensor utilizado neste experimento é classificado como sensor de processo.	45,16	54,84
3- O equipamento IoT não possui comunicação com sensores lo-LINK	70,97	29,03
4- O equipamento IoT não pode medir vibração.	67,74	32,26
5- O equipamento IoT poderá realizar o sensoriamento e controle de diferentes tipos de variáveis; realizar a comunicação, por meio de vários tipos de interfaces.	54,84	45,16
MÉDIA	67,74	32,26

Fonte: Dados da pesquisa.

Para medir o nível 2- aprendizagem, foram aplicadas 5 questões retiradas dos textos do referencial teórico desta dissertação. Com base na tabela 5 apresentada, pode-se observar que a média de acerto dos alunos foi de 67,74%, ou seja, os alunos conseguiram absorver o conteúdo aplicado por meio do equipamento IoT proposto.

Comportamento:

Segundo Winfred, *et al.*, (2003) a medição neste nível é difícil, pois muitas vezes é impossível prever quando a mudança de comportamento ocorrerá e, portanto, requer um planejamento importante em termos de quando avaliar, com que frequência avaliar e como avaliar. Kirkpatrick (1979) recomenda para avaliar este nível, utilizar entrevistas aos professores ou outros que possam observar o comportamento do formando. Na pesquisa de campo, buscou-se entender com o professor o comportamento dos alunos diante do equipamento IoT. Essa análise foi realizada na dimensão praticidade.

Resultados:

Os resultados do nível quatro destinam-se a fornecer medidas do impacto que a formação teve relativamente a metas e objetivos organizacionais (BATES, 2004).

Na pesquisa de campo, foi analisado o exercício (Apêndice A), no qual, os alunos tinham um estudo de caso para resolver com e sem o equipamento IoT proposto. Para ambos os casos o resultado foi eficaz pois os alunos conseguiram aferir a temperatura e assim resolver o exercício proposto.

5.2.2 Teste de hipótese em teste- t

Assim como a dimensão, eficiência vs eficácia, a hipótese tempo, tem como objetivo testar a influência do equipamento IoT, para isso foi utilizado o teste- t. O teste t foi utilizado para amostras dependentes pois segundo Hair *et al.*, (2014), este teste é usado quando existem duas condições experimentais e os mesmos participantes tomaram parte em ambas as condições, esse teste, também, é referido como o teste t para amostras emparelhadas. Os dados coletados na pesquisa de campo foram inseridos no Excel 2016 e então submetidos ao *software* IBM® SPSS®. Os dados submetidos foram: Tempo total para resolução do exercício sem equipamento (TEMPOSEM) e tempo total para resolução do exercício com equipamento (TEMPOART). Conforme a tabela 6.

Tabela 6- Dados do experimento

Indivíduo	TEMPOSEM	TEMPOART
1	212	56
2	220	57
3	220	60
4	224	61
5	240	61
6	293	61
7	293	61
8	294	61
9	294,6	62
10	297	62
11	297	62
12	298	63
13	300	63
14	300,6	63
15	304	63

16	307	63
17	307	64
18	310	64
19	311	65
20	315	65
21	316	65
22	318	66
23	327	66
24	327	66
25	330	67
26	331	67
27	332	67
28	334	67
29	359	68
30	403	68
31	403	68
32	408	69
33	440	69
34	462	69
35	468	69
36	480	70
37	491	71
38	494	73

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar as amostras com relação ao tempo em “segundos” do experimento sem e com equipamento, nota-se que há uma diferença entre as duas. Essa diferença será avaliada através do *software* SPSS *Statistics* através do teste t pareado, amplamente utilizado para avaliações de amostras emparelhadas. Na tabela 7 pode-se identificar os valores da média de cada fase do experimento, desvio padrão e o erro padrão.

Tabela 7- Estatísticas de amostras emparelhadas

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	TEMPOS EM	333,18	38	75,667	12,275
	TEMPOA RT	64,79	38	3,793	,615

Fonte: Dados da pesquisa, IBM® SPSS®.

A saída resultante produz três tabelas. A primeira saída do SPSS 7.1 “**Paired Samples Statistics**” mostra uma tabela de estatísticas resumo para as duas condições experimentais. Para cada condição, a média (M01=333,18 e M02= 64,79), o número de participantes (N= 38) e o desvio padrão da amostra (D01=75,667 e D02= 3,793). A coluna final informa o erro padrão, que é o desvio padrão da amostra dividido pela raiz quadrada do tamanho da amostra ($EP = s/\sqrt{N}$), assim, para a condição da figura EM1 = 12,275 e EM2=0,615.

A Saída do SPSS 7.1 também mostra a correlação de *Pearson* entre as duas condições, conforme tabela 8.

Tabela 8- Correlação de Pearson entre as duas condições

Paired Samples Correlations		N	Correlati on	Sig.
Pair 1	TEMPOSEM & TEMPOART	38	,367	,023

Fonte: Dados da pesquisa, IBM® SPSS®.

Segundo Field (2009), quando medidas repetidas são usadas, é possível que as condições experimentais se correlacionem porque os dados em cada condição vêm das mesmas pessoas e, assim, pode haver consistência em suas respostas. O SPSS dá o valor do r de Pearson e a significância bilateral. Para esses dados, as condições experimentais produzem um coeficiente de correlação é grande ($r = 0,367$), e estão correlacionadas de forma significativa porque $p > 0,05$.

Por fim, a terceira tabela **Paired samples test** que segundo Field (2009) é a tabela mais importante do teste t pois a mesma informa se a diferença entre as médias das duas condições foi grande o suficiente para não ser um resultado ao acaso. Conforme tabela 9.

Tabela 9- Paired samples test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	TEMPOSEM - TEMPOART	268,395	74,359	12,063	243,953	292,836	22,250	37	,000

Fonte: Dados da pesquisa, IBM® SPSS®.

Primeiro a tabela 8 fornece a diferença da média entre escores que é a diferença entre os escores médios de cada condição: $(333,18 - 64,79 = 268,39)$. A tabela 9 também apresenta o desvio padrão das diferenças entre as médias e o erro padrão das diferenças entre os escores dos participantes em cada condição. A estatística teste t é calculada dividindo-se a média das diferenças pelo erro padrão das diferenças: $(t = 22,250)$. O tamanho do t é comparado contra valores conhecidos com base nos graus de liberdade. Quando os mesmos participantes foram usados, os graus de liberdade são o tamanho da amostra menos 1 ($gl = 37$). O SPSS usa os graus de liberdade para calcular a probabilidade exata de que um valor de t tão grande quanto o obtido possa ocorrer por acaso (Field, 2009). Essa probabilidade está na coluna chamada de Sig. (Significância). O SPSS fornece a probabilidade bilateral, que é a probabilidade quando nenhuma previsão foi feita sobre a direção das diferenças entre os grupos.

Se uma previsão específica foi feita, por exemplo, pode-se prever que o tempo será maior quando não fizer uso do equipamento, então a probabilidade unilateral desse valor é obtida dividindo-se a probabilidade bilateral por 2. A probabilidade bilateral para os dados do tempo é nula ($p = 0,000$); ela diz que não há chance de que um valor de t desse tamanho possa ter ocorrido devido ao acaso.

Segundo Field (2009) aceita-se como estatisticamente significativo tudo o que tem menos de 5% de chance de ocorrer por acaso. O fato de o valor de t ser de 22,250 nos diz que a condição 1 (TEMPOSEM) tem uma média maior do que a segunda a condição 2 (TEMPOART) e, o tempo em segundos diminui quando utiliza o equipamento.

O teste t, inclui os graus de liberdade (nesse caso, 37), o valor da estatística t e o nível no qual esse valor é significativo. Portanto, pode-se concluir que o tempo

do experimento utilizando o equipamento IoT é menor do que sem o equipamento ($t(37) = 22,250$, $p < 0,05$).

A última informação que essa saída nos fornece é um intervalo de confiança de 95% para a diferença média. Segundo Hair *et al.*, (2014), o intervalo de confiança fornece os limites dentro dos quais é mais provável que a diferença real média esteja. Assim, assumindo que o intervalo de confiança da amostra é um dos 95 dos 100 que contém o valor da população, pode-se dizer que a diferença média verdadeira está entre 243,953 e 292,836. A importância desse intervalo é que ele não contém o zero, isso significa que o valor verdadeiro da diferença média dificilmente será zero. Segundo Field (2009) isso significa que se comparar pares de amostras aleatórias de uma população, espera-se que a maioria das diferenças entre as médias das amostras seja zero. Esse intervalo significa que, com base nas duas amostras, é pouco provável que o valor verdadeiro entre as médias seja zero. Portanto, pode-se estar confiante de que duas amostras desta pesquisa não representam amostras aleatórias da mesma população. Em vez disso, elas representam amostras de populações diferentes induzidas pela manipulação experimental.

6. CONCLUSÃO

Levando em consideração o que foi proposto no início deste estudo, o objetivo geral foi propor um equipamento usando a tecnologia IoT como apoio para implementação da educação 4.0. Para isto, foi estruturada uma série de procedimentos metodológicos, permitindo não apenas o cumprimento do objetivo geral da pesquisa, como também o alcance dos três objetivos específicos propostos. O objetivo geral foi alcançado tanto por meio da revisão da literatura, construção de um equipamento IoT e pesquisa de campo aplicando a análise dos dados por triangulação e test-t de amostra emparelhadas.

No modelo apresentado, propomos o uso de um equipamento IoT em sala de aula, a fim de apresentar para os alunos soluções de um caso real com uso tecnologia de ponta. Desta maneira, concluímos que o uso de equipamentos IoT em sala de aula beneficia a comunicação entre alunos ao realizar as atividades em grupo e o uso da internet melhora a qualidade da educação de muitas maneiras. Além de abrir portas para uma riqueza de informações, conhecimentos e recursos educacionais, aumentando as oportunidades de aprendizado dentro e fora da sala de aula.

Cabe também destaque ao interesse da escola no equipamento IoT proposto. A diretoria da escola buscou pela pesquisadora responsável para obter autorização do uso do equipamento em sala de aula, que ficará exposto no laboratório para o apoio nas atividades acadêmicas dos discentes a fim de inserir a educação 4.0.

Todavia é interessante expor que existiram barreiras durante ou após o desenvolvimento do projeto. Essas barreiras foram percebidas pelas limitações da escola, na qual, foi realizada a pesquisa de campo, como por exemplo, falta de computador, notebook e internet. Esses obstáculos, porém, não prejudicaram diretamente o equipamento IoT.

No entanto, é importante ressaltar a pesquisa como um processo de responsabilidade social, ou seja, qual ou quais contribuições o estudo desenvolvido traz para a sociedade. Esta pesquisa buscou tocar positivamente nos aspectos de educação tecnológica, a fim de abranger alunos e professores na edificação do equipamento IoT proposto.

Ademais, a proposta de um equipamento IoT sendo usado em sala de aula é para que seja proporcionado a criatividade e inovação dos discentes trazendo com

sigo um benéfico para toda uma sociedade. Os discentes com que possuir competências criativas e inovadoras podem contribuir mais para uma sociedade, seja pelo desenvolvimento de produtos ou serviços que podem beneficiar a vida das pessoas ou pela conseqüente contribuição desses alunos aos futuros estudantes, formando assim, um processo de retroalimentação no método de incentivo à criatividade e inovação.

6.1 Contribuição dessa pesquisa

A contribuição dessa pesquisa reside na elaboração de um equipamento IoT que tornar explícito, de forma clara e eficiente a importância da tecnologia para a sociedade. A tecnologia está cada vez mais presente na vida moderna. A utilização de equipamentos tecnológicos nas casas, por exemplo, possibilita um maior conforto, seja pela presença de computadores, tv's, celulares. Já nas empresas possibilita um maior crescimento empresarial e aumento da produtividade. E na educação facilita o aprendizado do aluno e preparando-o para o mercado de trabalho.

6.2 Oportunidades futuras

Para oportunidades futuras, no modelo de construção do equipamento IoT composto pelo tanque, o seu enchimento é manual para a realização dos testes desejados. Neste sentido, é proposta como uma melhoria a adaptação de um sistema composto por bomba para recalque do fluido a partir de outro recipiente, o que amplia a atual possibilidade de monitoramento de nível para que seja desenvolvido um método de ensaio que contemple a automatização do enchimento e assim propicie uma análise mais apurada das variáveis. Além disso, também é sugerida a utilização do Mestre IO-Link (modelo AL1100) para permitir a ligação de diversos sensores de processo, o que pode ampliar as possibilidades de inserção do equipamento para uso prático por outras disciplinas do curso além das sugeridas

REFERÊNCIAS

AKYILDIZ, F.; VURAN, Mehmet Can. *Wireless sensor networks*. John Wiley & Sons., v. 4, 2010.

AL-FUQAHA, Ala *et al.* Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. **IEEE communications surveys & tutorials**, v. 17, 2015.

AMO, Daniel e cols. Revisão sistemática sobre quais metodologias analíticas e de aprendizagem são aplicadas no ensino fundamental e médio na aprendizagem de sensores robóticos. **Sensores**, v. 21, n. 1, 2020.

ANTONIO, Daniel Soares *et al.* A Indústria 4.0 e seus Impactos na Sociedade. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, 2018.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, 2010.

BABIC, Ugljesa *et al.* Critical review—identifying critical gaps for polymer electrolyte water electrolysis development. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 164, n. 4, 2017.

BAENA, Felipe *et al.* Learning factory: The path to industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 9, 2017.

BARACHO, M. D. G., Ramos, M. D. C. P., & Neto, A. C. A educação profissional na rede federal de educação tecnológica sob o enfoque do trabalho na organização taylorista/fordista. *Phytotaxa*, v. 2017, 2017.

BATES, Reid. A critical analysis of evaluation practice: the Kirkpatrick model and the principle of beneficence. **Evaluation and program planning**, v. 27, n. 3, 2004.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Editora Blucher, 2011.

BELLONI, Maria Luiza. Educação a distância. In: **Educação a distância** p. 115-115. 2003.

Bogdan T.S., & Taylor, B. Introduction to qualitative research. New York: Wiley, v. 44, n. 1, 1998.

BROWN, John Seely; BURTON, Richard R. Multiple representations of knowledge for tutorial reasoning. In: **Representation and understanding**. Morgan Kaufmann, 1975.

BROWN, John Seely; BURTON, Richard R. Multiple representations of knowledge for tutorial reasoning. In: **Representation and understanding**. Morgan Kaufmann, 2015.

BRUSILOVSKY, Peter. Methods and techniques of adaptive hypermedia. In: **Adaptive hypertext and hypermedia**. Springer, Dordrecht, 1998.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades. In: **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, da Associação Paranaense de Engenharia de Produção (APREPRO)**. Ponta Grossa-PR, 2017.

CAVANA, Roberto; DELAHAYE, Brian; SEKERAN, Uma. **Investigação empresarial aplicada: Métodos qualitativos e quantitativos** . John Wiley & Filhos, 2001.

CHEN, Charlie; CHOI, Hoon Seok; RACTHAM, Peter. Data, attitudinal and organizational determinants of big data analytics systems use. **Cogent Business & Management**, v. 9, n. 1, 2022.

CHHETRI, Sujit Rokka *et al.* Security trends and advances in manufacturing systems in the era of industry 4.0. In: **2017 IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD)**. IEEE, 2017.

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. **Administrative science quarterly**, 1990.

CORTER, James E. *et al.* Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated, and hands-on student laboratories. **Computers & Education**, v. 57, n. 3, 2011.

COSTA, Isabele Moraes; LISBOA, Stella Neves Duarte; SANTOS, Talita Pitanga. Automação industrial. Natal: **UFRN**, v. 1, n. 2, 2002.

CRESWELL, John W.; TASHAKKORI, Abbas. Differing perspectives on mixed methods research. **Journal of mixed methods research**, v. 1, n. 4, 2007.

DA SILVA, A.M. Definição de sensores io-link para aplicações em processos metalúrgicos de soldagem. *Revista Brasileira de Mecatrônica.*, v. 2, n. 1, 2019.

DA XU, Li; HE, Wu; LI, Shancang. Internet of things in industries: A survey. **IEEE Transactions on industrial informatics**, v. 10, n. 4, 2014.

DAUD, W. A. A. W. *et al.* The needs analysis of developing mobile learning applications for cybergogical teaching and learning of Arabic language proficiency. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 9, n. 8, 2019.

DE MOURA, Karina De OA; BALBINOT, Alexandre. Virtual sensor of surface electromyography in a new extensive fault-tolerant classification system. **Sensors**, v. 18, n. 5, 2018.

DEBROY, Tarasankar *et al.* Additive manufacturing of metallic components—process, structure and properties. **Progress in Materials Science**, v. 92, 2018.

DENZIN, Norman K. Symbolic interactionism and ethnomethodology: A proposed synthesis. **Contemporary Sociological Thought**, 2005.

DIAS, George Paulus Pereira; SAUAIA, Antonio Carlos Aidar; YOSHIZAKI, Hugo Tsugunobu Yoshida. Estilos de aprendizagem Felder-Silverman e o aprendizado com jogos de empresa. **Revista de administração de empresas**, v. 53, n. 5, 2013.

DO NASCIMENTO, Marilene Izidoro Honorato; FREITAS, Sara. Educação a distância:[novo] paradigma que contribui com a praticidade na construção do conhecimento. **Maiêutica-Pedagogia**, v. 3, n. 1, 2015.

DOLOG, Peter; SCHÄFER, Michael. A framework for browsing, manipulating and maintaining interoperable learner profiles. In: **International Conference on User Modeling**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005

DOMÍNGUEZ, M. *et al.* Remote laboratory for learning of AC drive control. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 44, n. 1, 2011.

DRUCKER, Peter Ferdinand. **Drucker, "o homem que inventou a administração"**. Elsevier Brasil, 2006.

DUARTE, Newton. A importância da concepção de mundo para a educação escolar: porque a pedagogia histórico-crítica não endossa o silêncio de Wittgenstein. **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**, v. 7, n. 1, 2015.

DUARTE, Rodrigo. Industria Cultural 2.0. **Constelaciones. Revista de Teoría Crítica**, n. 3, 2011.

Endres, G. J., & Kleiner, B. H. How to Measure Management Training and Development Effectiveness. **Journal of European Industrial Training**, 1990.

EZPELETA, Justa; ROCKWELL, Elsie. **Pesquisa participante**. Cortez; Autores Associados, 1986.

FELDER, R.M. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education.*, v. 78, n. 7, 2018.

FERREIRA, Marcos Santos; DE MELLO, João Gabriel. As dimensões da avaliação na educação física escolar: uma análise da produção do conhecimento. **Motrivivência**, v. 26, n. 42, 2014.

FIELD, Andy. **Descobrimo a estatística usando o SPSS-5**. Penso Editora, 2009.

FISK, Peter. Education 4.0... The Future of Learning Will Be Dramaticcaly Different, in "School and Throughout Life" Last Modified 2027. 2017.

FORSSELL, Urban; LJUNG, Lennart. Closed-loop identification revisited. **Automatica**, v. 35, n. 7, 1999.

FRANCO, Vítor. Dimensões transdisciplinares do trabalho de equipe em intervenção precoce. **Interação em Psicologia**, v. 11, n. 1, 2007.

FRAZIER, William E. Metal additive manufacturing: a review. **Journal of Materials Engineering and performance**, v. 23, n. 6, 2014.

GASPAR, Carlos. Eficiência energética na indústria. **Cursos de eficiência Energética, ADENE**, 2004.

GILCHRIST, Alasdair. Industry 4.0: **the industrial internet of things**. Apress, 2016.

GOMES, Maria PaulaCerqueira *et al.* O uso de metodologias ativas no ensino de graduação nas ciências sociais e da saúde: avaliação dos estudantes. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, n. 1, p. 181-198, 2010.

GÖTTING, M. Methodology and case study for investigating curricula of study programs in regard to teaching industry 4.0. In: 2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN). IEEE., v, 12, 2017.

GRIECO, Antonio *et al.* An industry 4.0 case study in fashion manufacturing. **Procedia Manufacturing**, v. 11, 2017.

GROZEV, Nikolay; BUYYA, Rajkumar. Inter-Cloud architectures and application brokering: taxonomy and survey. **Software: Practice and Experience**, v. 44, n. 3, 2014.

GU, Dong Dong *et al.* Laser additive manufacturing of metallic components: materials, processes and mechanisms. **International materials reviews**, v. 57, n. 3, 2012.

GUBBI, Jayavardhana *et al.* Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future generation computer systems**, v. 29, n. 7, 2013.

GUERRA, Lenin Cavalcanti Brito; MORAIS, Maquézia Emília. A implementação de política pública educacional: um estudo do programa nacional de tecnologia educacional (PROINFO) na formação docente em caraúbas-RN. **HOLOS**, v. 2, 2017.

GUNDERMAN, Richard B.; CHAN, Stephen. Kirkpatrick's evaluation of educational programs and its relevance to academic radiology. **Academic Radiology**, v. 22, n. 10, 2015.

HAIR JR, Joseph F.; GABRIEL, Marcelo LDS; PATEL, Vijay K. Modelagem de Equações Estruturais Baseada em Covariância (CB-SEM) com o AMOS: Orientações sobre a sua aplicação como uma Ferramenta de Pesquisa de Marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n. 2, 2014.

HAN, Heesup; MOON, Hyoungun; LEE, Hyerin. Physical classroom environment affects students' satisfaction: Attitude and quality as mediators. **Social Behavior and Personality: an international journal**, v. 47, n. 5, 2019.

HANSON, Ben *et al.* ReLOAD: Real laboratories operated at a distance. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 2, n. 4, 2009.

HE, Suining; CHAN, S.-H. Gary. Wi-Fi fingerprint-based indoor positioning: Recent advances and comparisons. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 18, n. 1, 2015.

HERRMANN, F. The smart factory and its risks. *Systems* 6 (4): **Computers & Education**, 2018.

HEYNICKE, Ralf *et al.* IO-Link Wireless enhanced factory automation communication for Industry 4.0 applications. **Journal of Sensors and Sensor Systems**, v. 7, n. 1, 2018.

HUH, Seyoung; CHO, Sangrae; KIM, Soohyung. Managing IoT devices using blockchain platforms. In: **2017 19th international conference on advanced communication technology (ICACT)**. IEEE, 2017.

HUSSIN, Anealka Aziz. Education 4.0 made simple: Ideas for teaching. **International Journal of Education and Literacy Studies**, v. 6, n. 3, 2018.

IFM, Automation made in Germany. Área de download de software (2020). Disponível em: < <https://www.ifm.com/br/pt/downloadarea/iStepContent>>. Acesso em: 7, Janeiro 2021.

JIMÉNEZ, Robinson; SANCHEZ, Oscar Avies; MAULEDEOX, Mauricio. Remote Lab for Robotics Applications. **International Journal of Online Engineering (iJOE)**, v. 14, n. 01, 2018.

JORDAN, Shawn; LANDE, Micah. Additive innovation in design thinking and making. *International Journal of Engineering Education*, v. 32, n. 3, 2013.

JULL, James. The second industrial revolution. The history of a concept. **Rivista internazionale di storia della storiografia**, n. 36, 1999.

KALAKOTA, R.; ROBINSION, M. E-business: estratégias para alcançar o sucesso no mundo digital. Porto Alegre: Bookman., v. 6, n. 3, 2002.

KERLINGER, F. N. Metodologia das Ciências Humanas: um tratamento conceitual. **São Paulo, EPU**, 1910.

KIM, Tae Kyun. T test as a parametric statistic. *Korean journal of anesthesiology*, v. 68, n. 6, p. 540, 2015.

KINAL, Jarosław. Da Educação 1.0 à Educação 4.0: modelos de formação de professores do século XIX aos dias atuais. **Da Educação 1.0 à Educação 4.0: modelos de formação de professores do século XIX aos dias atuais**, 2021.

KIRKPATRICK, Donald; KIRKPATRICK, James. Transferring learning to behavior: Using the four levels to improve performance. **Berrett-Koehler Publishers**, 2005.

KUENZER, Acacia Zeneida. Exclusão includente e inclusão excludente: a nova forma de dualidade estrutural que objetiva as novas relações entre educação e trabalho. **Capitalismo, trabalho e educação**, v. 3, p. 77-96, 2002.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing letters**, v. 3, 2015.

LEE, Juhnyoung. A View Of Cloud Computing. **Int. J. Networked Distributed Comput.**, v. 1, n. 1, 2013.

LEI, C.U. Building an intelligent laboratory environment via a cyber-physical system. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 9, n. 12, p. 19-14, 2013.

LEKIĆ, Milica; GARDAŠEVIĆ, Gordana. IoT sensor integration to Node-RED platform. **In: 2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)**. IEEE, 2018.

LI, Shancang; XU, Li Da; ZHAO, Shanshan. The internet of things: a survey. **Information systems frontiers**, v. 17, n. 2, p. 243-259, 2015.

LINDSAY, Jo; SUPSKI, Sian. Changing household water consumption practices after drought in three Australian cities. **Geoforum**, v. 84, 2017.

LOUREIRO, Antonio AF *et al.* Redes de sensores sem fio. In: **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)**. sn, 2003.

LOWE, D. Interoperating remote laboratory management systems (RLMSs) for more efficient sharing of laboratory resources. *Computer Standards & Interfaces.*, v. 43, 2016.

LR DEVICE - ifm electronic. Área de download de software (2020). Disponível em: <[https://www.ifm.com/br/pt/shared/technologien/software->](https://www.ifm.com/br/pt/shared/technologien/software-). Acesso em: 1, dezembro 2021.

LU, Yang. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of industrial information integration**, v. 6, 2017.

LUO, John; BOLAND, Robert; CHAN, Carlyle H. How to use technology in educational innovation. In: **Roberts academic medicine handbook**. Springer, Cham, 2020.

LYALINA, Yuliya; LANGMANN, Reinhard; KRISILOV, V. The Interaction Model in iLearning Environments and its Use in the Smart Lab Concept. **Int. J. Online Eng.**, v. 7, n. 4, 2011.

MAKAROVA, Y.; LANGMANN, R. Prototype of the modern hands-on smart lab for automation engineering. In: **2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)**. IEEE, 2016.

MAKRIDES, Gregoris A. The Evolution of Education from Education 1.0 to Education 4.0: Is it an evolution or a revolution?, 2019.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. In: **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados**. 2012.

MARGOLIS, M.; JEPSON, B.; WELDIN, N.R. Smart irrigation system based ThingSpeak and Arduino. In: 2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS), v. 3, 2020.

MARÔCO, João. **Análise Estatística com o SPSS Statistics.: 7ª edição.** ReportNumber, Lda, 2018.

MARTÍN VILLALBA, Carla; URQUÍA MORALEDA, Alfonso; DORMIDO BENCOMO, Sebastián. Modelado orientado a objetos de laboratorios virtuales con aplicación a la enseñanza del control de procesos químicos. 2005.

MARTINAZZO, Clodomir Antonio; ORLANDO, Tailan; DA URI, Erechim. Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com arduino. 2016.

MARTINS, Gilberto de Andrade; DOMINGUES, Osmar. Estatística geral e aplicada: revisada e ampliada. **São Paulo: Atlas Editora**, 2014.

MIORANDI, Daniele *et al.* Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad hoc networks**, v. 10, n. 7, 2012.

MIRANDA, Jhonattan *et al.* The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. **Computers & Electrical Engineering**, v. 93, 2021.

MOKYR, Joel; STROTZ, Robert H. The second industrial revolution, 1870-1914. **Storia dell'economia Mondiale**, v. 21945, n. 1, 1998.

MOREIRA, R.C.; MARTINS, A.F.; SANTOS, M.S.A. O uso do laboratório de informática como suporte pedagógico nas escolas públicas estaduais do ensino fundamental II na sede de Senhor do Bonfim-BA. Disponível em: < <http://www.uneb.br/espcont/files/2011/12/ART-001200-12.pdf> >, Acesso em: 29 fevereiro. 2020.

MOSTEFAOUI, H.; BENACHENHOU, A.; BENATTIA, A.A. Design of a low cost remote electronic laboratory suitable for low bandwidth connection. *Computer applications in Engineering education.*, v. 25, n. 3, 2017.

NIKOU, S.A.; ECONOMIDES, A.A. Transition in student motivation during a scratch and an app inventor course. In: 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, 2014.

Noe, R. A. *Employee Training and Development* (5^o ed.). **New York: McGrawHill/Irwin**, 2010.

OUSSOUS, Ahmed *et al.* Big Data technologies: A survey. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, v. 30, n. 4, 2018.

OZDAMLI, Fezile; CAVUS, Nadire. Basic elements and characteristics of mobile learning. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 28, 2011.

PACE, Eduardo Sérgio Ulrich; BASSO, Leonardo Fernando Cruz; SILVA, Marcos Alessandro da. Indicadores de desempenho como direcionadores de valor. **Revista de administração contemporânea**, v. 7, n. 1, 2003.

PACHECO, E.M. Os Institutos Federais: uma revolução na educação profissional e tecnológica, v. 9, 2018.

PASQUALETTI, Fabio; Dörfler, Florian; Bullo, Francesco. Attack detection and identification in cyber-physical systems. **IEEE transactions on automatic control**, v. 58, n. 11, 2013.

PASQUALETTI, Fabio; DÖRFLER, Florian; BULLO, Francesco. Attack detection and identification in cyber-physical systems. **IEEE transactions on automatic control**, v. 58, n. 11, 2013.

PEREIRA, Josiel *et al.* Implantação e Utilização do Laboratório Remoto VISIR em Instituições de Ensino Técnico, Tecnológico e Superior. **Revista Tecnologias na Educação**, 2018.

PERERA, Charith *et al.* Context aware computing for the internet of things: A survey. **IEEE communications surveys & tutorials**, v. 16, n. 1, 2013.

PERUZZINI, Margherita; GRANDI, Fabio; PELLICCIARI, Marcello. Benchmarking of tools for user experience analysis in industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 11, 2017.

PHAN, Huu Lam *et al.* Effectiveness of Augmented Reality in Stroke Rehabilitation: A Meta-Analysis. **Applied Sciences**, v. 12, n. 4, 2022.

POOLE, D.I.; Goebel, R.G.; Mackworth, A.K. **Computational intelligence**. New York: Oxford University Press, v. 30, 1998.

POONGOTHAI, M.; SUBRAMANIAN, P. Muthu; RAJESWARI, A. Design and implementation of IoT based smart laboratory. In: **2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)**. IEEE, 2018.

PORTAL DA INDÚSTRIA. Programa de Qualificação de Fornecedores. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/>>. Acesso em: 7, Janeiro 2020.

PUNCREOBUTR, Vichian. Education 4.0: New challenge of learning. **St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences**, v. 2, n. 2, 2016.

RABBI, Ihsan; ULLAH, Sehat. A survey on augmented reality challenges and tracking. **Acta graphica: znanstveni časopis za tiskarstvo i grafičke komunikacije**, v. 24, n. 1-2, 2013.

RAGSDALE, John W. *et al.* Evaluating the effectiveness of undergraduate clinical education programs. **Medical Education Online**, v. 25, n. 1, p. 1757883, 2020.

RUBIO, Ernesto *et al.* Remote laboratories for control education: Experience to classic PID control course. In: **2018 IEEE international conference on automation/XXIII congress of the chilean association of automatic control (ICA-ACCA)**. IEEE, 2018.

RUSSEL, Stuart *et al.* **Artificial intelligence: a modern approach**. London: Pearson Education Limited, 2013.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, 2018.

SALINAS-NAVARRO, David Ernesto; GARAY-RONDERO, Claudia Lizette; CALVO, Ericka Zulema Rodriguez. Experiential Learning Spaces for Industrial Engineering Education. In: **2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. IEEE, 2019.

SALMON, Gilly. May the fourth be with you: Creating Education 4.0. **Journal of Learning for Development**, v. 6, n. 2, 2019.

SALVI, José V.; MATOS, Marcos A.; MILAN, Marcos. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, 2007.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, 2007.

SANTOS, Beatrice Paiva *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, 2018.

SCHMACHTENBERG, Max; BIZER, Christian; PAULHEIM, Heiko. Adoption of the linked data best practices in different topical domains. In: **International Semantic Web Conference**. Springer, Cham, 2014.

SCHUEFFEL, Patrick. Taming the beast: A scientific definition of fintech. **Journal of Innovation Management**, v. 4, n. 4, 2016.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.

THOMPSON, Peter. Learning by doing. **Handbook of the Economics of Innovation**, v. 1, 2010.

TIHINEN, Maarit; PIKKARAINEN, Ari; JOUTSENVAAARA, Jukka. Digital Manufacturing Challenges Education—SmartLab Concept as a Concrete Example in Tackling These Challenges. **Future Internet**, v. 13, n. 8, 2021.

TIPLER. P. Física. V.1. 5 ed. LTC. Rio de Janeiro, 2006.

VASCONCELOS, Cláudio Roberto Fóffano. O comércio Brasil-Mercosul na década de 90: uma análise pela ótica do comércio intra-indústria. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 1, 2003.

VERBERT, K. *et al.* Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, v. 57, n. 10, 2013.

VIANA, Márcia Lazzari; TEIXEIRA, Maria do Rocio Fontoura. Sala de atendimento educacional especializada (AEE): o uso da tecnologia assistiva no processo de inclusão dos alunos nas atividades de ensino-aprendizagem. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society= Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade**. Luziânia, GO: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Vol. 12, n. 1 (jan./mar. 2019), 2019.

VIDAL LEDO, María J.; BARCIELA GONZÁLEZ LONGORIA, María de la Caridad; ARMENTEROS VERA, Ileana. Impacto de la COVID-19 en la Educación Superior. *Educación Médica Superior*, v. 35, n. 1, 2021.

VIEGAS, Clara *et al.* Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. **Computers & Education**, v. 126, 2018.

VINITHA, K. *et al.* Review on industrial mathematics and materials at Industry 1.0 to Industry 4.0. **Materials Today: Proceedings**, v. 33, 2020.

VINTEN, Gerald. Participant observation: a model for organizational investigation?. **Journal of managerial psychology**, 1994.

VIRGOLIM, A.M.R.A. contribuição dos instrumentos de investigação de Joseph Renzulli para a identificação de estudantes com Altas Habilidades/Superdotação. *Revista Educação Especial*, v. 27, n. 50, 2014.

WANG, Shiyong *et al.* Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International journal of distributed sensor networks**, v. 12, n. 1, 2016.

WEYER, Stephan *et al.* Em direção à padronização da indústria 4.0 como o desafio crucial para sistemas de produção altamente modulares e de vários fornecedores. **Ifac-Papersonline** v. 48, n. 3, 2015.

Winfred *et al.* Effectiveness of training in organizations: a meta-analysis of design and evaluation features. **Journal of Applied psychology**, v. 88, n. 2, 2003.

WRIGLEY, E. Anthony. Reconsidering the industrial revolution: England and Wales. **Journal of Interdisciplinary History**, v. 49, n. 1, 2018.

XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International journal of production research**, v. 56, n. 8, 2018.

YANG, Qiang *et al.* Federated machine learning: Concept and applications. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)**, v. 10, n. 2, 2019.

YE, Wei; HEIDEMANN, John; ESTRIN, Deborah. An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks. In: **Proceedings. Twenty-first annual joint conference of the IEEE computer and communications societies**. IEEE, 2002.

ZAKOLDAEV, D. A. *et al.* Algorithm of choosing type of mechanical assembly production of instrument making enterprises of Industry 4.0. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2018.

ZHONG, Ray Y. *et al.* Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

APÊNDICE A

Apêndice A refere atividade aplicada para os alunos em sala de aula.

ATIVIDADE 01- Escalas de temperatura Celsius e Fahrenheit

Supondo que você seja o Engenheiro de uma multinacional no ramo de produção de bebidas e que além de você atender a sede do Brasil você tem que responder para a sede dos Estados Unidos. A empresa precisa identificar se as bebidas estão na temperatura correta, pois se caso não estiver poderá comprometer a conservação das mesmas. Segundo Spezia, Domingos Sávio (2003), a temperatura é um fator decisivo na conservação de alimentos e produtos alimentícios.

Você como profissional responsável, deverá mediar a temperatura de um tanque e enviar dois e-mails (Um para a sede do Brasil e outro para a sede nos Estados Unidos) informando a temperatura da bebida no tanque. Vale lembrar, que o e-mail enviado para a sede nos Estados Unidos, a temperatura aferida deverá ser em Fahrenheit e no Brasil em grau Celsius. Como você faria a conversão de grau Celsius para Fahrenheit, demonstre os cálculos por meio do termômetro digital e analógico e compare com o equipamento IoT.

*Valores aproximado ao aferir a temperatura em cada recipiente.



Ambiente:
20°C/25°

*Valores aproximado ao aferir a temperatura em cada recipiente.