

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

ALESSANDRO JOSÉ DA SILVA

UM MODELO DE APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO
TÉCNICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

São Paulo
Março/2021

ALESSANDRO JOSÉ DA SILVA

UM MODELO DE APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO
TÉCNICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. António César Galhardi.

São Paulo

Março/2021

S586m Silva, Alessandro José da
Um modelo de aplicações de realidade aumentada no ensino técnico de manutenção industrial / Alessandro José da Silva. – São Paulo: CPS, 2021
103 f.

Orientador: Prof. Dr. António César Galhardi
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2021.

1. Realidade aumentada. 2. Manutenção industrial. 3. Indústria 4.0. 4. Aprendizagem experimental. 5. Ensino Técnico. I. Galhardi, António César. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

ALESSANDRO JOSÉ DA SILVA

UM MODELO DE APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO
TÉCNICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Prof. Dr. António César Galhardi

Profa. Dra. Juliana Veiga Mendes

Prof. Dr. José Manoel Souza das Neves

São Paulo, _____ de Março de 2021.

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me forneceu apoio físico e emocional com seu carinho e compreensão e à equipe escolar das unidades 1.12 e 1.15, que possibilitaram esta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Neste momento, gostaria de agradecer primeiro a Deus, por nos permitir passar ilesos por este momento de pandemia causada pelo *Coronavirus Disease 2019*, conhecido como COVID-19.

Agradeço ao Centro Paula Souza, por esta oportunidade que possibilita o meu desenvolvimento e aprimoramento profissional em Sistemas Produtivos e na Educação Profissional, a qual somente pôde ocorrer devido ao trabalho de apoio e cooperação da Direção, da Coordenação Pedagógica, da Coordenação Técnica, da Equipe escolar e do Corpo Docente da escola técnica de ensino profissional.

Ao Prof. Dr. António César Galhardi, por sua orientação, paciência e confiança.

Ao diretor José Heroíno de Sousa, por sua confiança e incentivo.

Ao coordenador Eduardo de Lélis Santos, por proporcionar as adequações e condições necessárias.

Ao professor Alexandre Junio dos Santos Vieira, por seu companheirismo e profissionalismo durante esta jornada.

Aos Professores Márcio Dantas Costa e Aécio Morais Lapa, por suas contribuições, apoio e substituição em momentos importantes.

Aos professores Wilton Campos Marcelino, Flávio Luciano Silva e Átila Andreatti Olivi, por seu apoio técnico em informática e processamento de dados.

À minha esposa, por todo cuidado, dedicação e compreensão.

À minha filha, pelos momentos que lhe faltei em atenção e, ainda assim, compreendeu a situação.

E à toda turma sete do Mestrado Profissional, em especial os alunos Vinícius Rodrigues Silva Pires, Hamilton Moreira da Cunha Junior e Altair Marques Pereira Filho, pela ajuda, apoio e disseminação de conhecimentos.

Obrigado!

O professor é, naturalmente, um artista, mas ser um artista não significa que ele ou ela consiga formar o perfil, possa moldar os alunos. O que um educador faz no ensino é tornar possível que os estudantes se tornem eles mesmos.

(Paulo Freire)

RESUMO

SILVA, A. J. **Um modelo de aplicações de Realidade Aumentada no ensino técnico de manutenção industrial**. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2021.

Esta pesquisa se propõe a estabelecer um roteiro para implantação da Realidade Aumentada (RA) na execução de atividades práticas de manutenção industrial desenvolvida para o curso técnico, considerando uma adequação no sistema atual ao uso da teoria de aprendizagem experiencial, em uma iniciativa de dar os primeiros passos na introdução de aprendizagem voltada ao trabalho coletivo, no novo ambiente Ciberfísico. Visto que o mesmo, requer indivíduos preparados para atuarem em equipes multifuncionais e, também, se observa um forte movimento voltado à implantação de tecnologias da indústria 4.0 nas escolas técnicas de ensino profissional. Assim, determinou-se como objetivo geral: construir um modelo para a aplicação de Realidade Aumentada em atividades práticas realizadas em equipe para o ensino técnico profissional; e como objetivos específicos elencou-se: identificar tecnologia, dispositivos e *softwares* necessários para aplicação de RA; construir um aplicativo RA para a prática do ensino de Manutenção Industrial, em um curso técnico profissionalizante; propor adequação de recursos humanos para a formação de equipes considerando-se os aspectos psicossociais; Selecionar contribuições e elaborar guias de orientação para a otimização da Aprendizagem Experiencial no trabalho em equipe; e, adequar o espaço físico (área, *layout* e recursos) para a aplicação da nova proposta conforme a necessidade do ensino-aprendizagem voltada ao trabalho em equipe. Como estratégia metodológica, optou-se pela utilização do *Design Science Research* (DSR), uma vez que ele está adequado ao objeto de estudo, por se tratar de uma pesquisa de campo realizada por meio da observação e da interação que resulta em produto para posterior avaliação dos artefatos gerados pela pesquisa e reconhecendo um problema relevante. Além de denotar sua utilidade e utilizar procedimentos com o devido rigor científico na avaliação dos artefatos produzidos. Obteve-se, como resultados, um *framework* para a implantação do modelo proposto que adota procedimentos para otimizar a formação de equipes compostas por indivíduos com personalidades compatíveis, orienta a adaptação da aprendizagem experiencial ao contexto do trabalho em equipes, identifica as tecnologias RA disponíveis no mercado, adequa o ambiente de execução às necessidades do uso de RA, apresenta possibilidades de aplicação RA em tarefas práticas de manutenção e cria um aplicativo RA para interação do usuário, desenvolvida por meio de dispositivos *smartphone* com *SDK ARCore*, *Unity Engine* e plataforma *Android*.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Manutenção Industrial. Indústria 4.0. Aprendizagem Experiencial. Ensino Técnico.

ABSTRACT

SILVA, A. J. **A model of Augmented Reality applications in the teaching of industrial maintenance in a unit of SENAI - SP.** 101 f. Dissertation (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2021.

This research proposes to establish a roadmap for the implantation of Augmented Reality (AR) in the execution of practical activities of industrial maintenance developed for the technical course, considering an adaptation in the current system to the use of the experiential learning theory, in an initiative to give the first steps in the introduction of learning aimed at collective work, in the new Cyberphysical environment. Since this requires individuals prepared to work in multifunctional teams and, also, there is a strong movement towards the implementation of 4.0 industry technologies in technical teaching schools professional. Thus, it was determined as a general objective: to build a framework for the application of Augmented Reality in practical activities carried out as a team for professional technical education; and as specific objectives it was listed: to identify technology, devices and software needed for AR application; build an AR application for the practice of teaching Industrial Maintenance, in a professional technical course; propose adequacy of human resources for the formation of teams considering the psychosocial aspects; present contributions and guidance guides for the optimization of Experiential Learning in teamwork; and, adapt the physical space (area, layout and resources) for the application of the new teaching-learning proposal aimed at teamwork. As a methodological strategy, we opted for the use of Design Science Research (DSR), since it is suitable for the object of study, as it is a field research carried out, through observation and interaction that results in a product. For further evaluation of the artifacts generated by the research, recognizing a relevant problem, denoting its usefulness and using procedures with due scientific rigor in the evaluation of the artifacts produced. As a result, a roadmap for the implementation of the proposed model was obtained, which adapts procedures to optimize the formation of teams composed of individuals with compatible personalities, guides the adaptation of experiential learning to the context of teamwork, identifies the AR technologies available in the market, adapts the execution environment to the needs of AR use, presents possibilities of AR application in practical maintenance tasks and creates an AR application for user interaction, developed through smartphone devices with ARCore SDK, Unity Engine and Android platform.

Keywords: Augmented Reality. Industrial maintenance. Industry 4.0. Experiential Learning. Technical education.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Impactos nas relações de trabalho.....	20
Quadro 2:	Competências requeridas pela indústria 4.0.....	20
Quadro 3:	Habilidades para a Indústria 4.0.....	21
Quadro 4:	Quadro resumo de pesquisas sobre trabalho em equipe.....	30
Quadro 5:	Tipos de personalidade, segundo Briggs e Myers.....	31
Quadro 6:	Estudos de aprendizagem.....	33
Quadro 7:	Estilos de Aprendizagem.....	34
Quadro 8:	Principais contribuições à aprendizagem experiencial.....	38
Quadro 9:	Concepção do DSR.....	40
Quadro 10:	A operacionalização do DSR.....	41
Quadro 11:	Verificação de compatibilidades entre tipos psicológicos, turma A....	60
Quadro 12:	Análise de movimentações propostas para a turma A.....	61
Quadro 13:	Estilos de aprendizagem x Tipos psicológicos.....	63
Quadro 14:	Estilos de aprendizagem identificados na amostra.....	64
Quadro 15:	Orientações para introdução de aprendizagem experiencial.....	66
Quadro 16:	Dispositivos compatíveis com ARCore.....	87
Quadro 17:	Dispositivos Android compatíveis para desenvolvimento RA.....	100
Quadro 18:	Dispositivos IOS compatíveis para desenvolvimento RA.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Interação do sistema RA.....	26
Figura 2:	Disposições e funções psicológicas de Jung.....	31
Figura 3:	Definição de relações dos pares da classificação MBTI.....	32
Figura 4:	Os tipos básicos de temperamentos e dezesseis subtipos.....	33
Figura 5:	Ciclos e estilos de aprendizagem de Kolb.....	35
Figura 6:	Estilos de aprendizagem atualizado por Kolb.....	36
Figura 7:	Quantidade de citações por ano para RA nas bases Scopus (a) e WOS (b).....	42
Figura 8:	Arranjo experimental para desenvolvimento do protótipo.....	43
Figura 9:	Instalação do Android SDK 7.1.1.....	45
Figura 10:	Habilitação do HelloAR.....	47
Figura 11:	Testes de desenvolvimento.....	49
Figura 12:	Testes de aplicação RA para verificação de Pé-manco.....	52
Figura 13:	Testes de aplicação RA para verificação de Excentricidade.....	54
Figura 14:	Elementos modelados para a primeira aplicação de RA.....	55
Figura 15:	CrITÉrios de comparação para temperamentos.....	59
Figura 16:	Aplicação de aprendizagem experiencial.....	67
Figura 17:	Novo <i>layout</i> da sala.....	69
Figura 18:	Melhorias realizadas na Oficina de Manutenção.....	70
Figura 19:	Modelo de aplicação RA proposto.....	71
Figura 20:	<i>Kolb Learning Style Inventor</i>	85
Figura 21:	Resultado de teste KLSI de um dos indivíduos.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Resultados do teste MBTI aplicado.....	57
Tabela 2:	Atribuição de pontuação aos tipos psicológicos.....	58
Tabela 3:	Relação entre aceitação de diferenças e temperamentos no trabalho em equipe.....	59

LISTA DE SIGLAS

3D	3 Dimensões
AMP	<i>Advanced Manufacturing Partership</i>
AMP 2.0	<i>Accelerating US Advanced Manufacturing</i>
APK	<i>Android Package Kit</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
CBM	Manutenção Baseada em Confiabilidade ou <i>Confiability Based Maintenance</i>
CM	Manutenção Corretiva ou <i>Corretive Maintenance</i>
CNC	Controle Numérico Computadorizado ou <i>Computer Numeric Control</i>
COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
CPPS	Sistema de Produção Cyber-Físicos ou <i>Cyber Phisical Production System</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
GPS	Global Positioning System
HHD	<i>Hand-Held Display</i>
HMD	<i>Head-Mounted Display</i>
HUD	<i>Head-Up Display</i>
IA	Inteligência Artificial
IOS	Internet de Serviços ou <i>Internet Of Service</i>
IOT	Internet das Coisas ou <i>Internet Of Things</i>
JDK	<i>Java Development Kit</i>
KAMS	<i>Korea Advanced Manufacturing System</i>
KLSI	<i>Kolb Learning Style Inventor</i>
MAR	Realidade Aumentada Móvel ou <i>Mobile Augmented Reality</i>
MBTI	Indicadores de Tipos de Meyrs e Briggs ou <i>Myers/Briggs Type Indicator</i>
NDK	<i>Native Development Kit</i>
WOS	<i>Web of Science</i>
PDM	Manutenção Preditiva ou <i>Predictive Maintenance</i>
PHM	Gerenciamento de Prognóstico e de Saúde
PM	Manutenção Preventiva ou <i>Prevention Maintenance</i>
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
RA	Realidade Aumentada
RAI	Realidade Aumentada Industrial

RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
RM	Realidade Misturada
RV	Realidade Virtual
SAR	<i>Spatial Augmented Reality</i>
SD	<i>Spatial Display</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SEPEC	Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade
SF	Fábricas Inteligentes ou <i>Smart Factories</i>
SLAM	Localização e Mapeamento Simultâneo ou <i>Simultaneous Localization and Mapping</i>
SSP	Sistema de Serviço de Produto
VA	Virtualidade Aumentada

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
1.1 A Indústria 4.0.....	18
1.2 Manutenção industrial.....	22
1.3 Realidade Aumentada.....	23
1.4 Realidade Aumentada no ambiente de manutenção.....	27
1.5 Equipes de manutenção multidisciplinares.....	28
1.6 Estilos de aprendizagem.....	34
2 METODOLOGIA.....	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.1 Tecnologia, requisitos e instalação de Realidade Aumentada.....	44
3.2 Aplicação de RA em manutenção industrial.....	50
3.3 Modelamento de elementos virtuais para as tarefas de manutenção...	54
3.4 Formação de equipes para ambientes 4.0.....	56
3.5 Guia de utilização de aprendizagem experiencial.....	62
3.6 Adequação do ambiente de aplicação RA.....	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS.....	79
ANEXO 1 – TESTE KLSI (KOLB, 1984).....	85
ANEXO 2 – EXEMPLO DE RESULTADO DO TESTE KLSI.....	86
ANEXO 3 – LISTA DE DISPOSITIVOS COMPATÍVEIS COM SDK ARCORE.....	87
ANEXO 4 - DISPOSITIVOS ANDROID COMPATÍVEIS COM RA.....	100
ANEXO 5 - DISPOSITIVOS IOS COMPATÍVEIS COM RA.....	103

INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada (RA), atualmente bastante presente na literatura científica, tem sido encarada como um dos principais desafios da mais nova revolução industrial, a Indústria 4.0; principalmente no que se refere, segundo Aires, Moreira e Freire (2017), à falta de profissionais capacitados para realizarem atividades que requerem conhecimentos específicos em tecnologias emergentes, novas e diferentes habilidades, execução de tarefas com elevado conteúdo informacional e capacidade de tomada de decisão de maneira mais assertiva e tempestiva.

Hermann, Pentek e Otto (2016) afirmam que a Indústria 4.0 estabelece uma rede de comunicação que virtualiza e integra máquinas, pessoas, fornecedores e serviços no, então, denominado Sistema de Produção Ciberfísico ou *Cyber Physical Production System* (CPPS), o qual integra o mundo real e o mundo virtual, além de possibilitar a coleta dados em tempo real, a respectiva análise dos dados e a tomada de decisões.

Schwartzman e Castro (2013) já destacavam que a falta de experiência da mão de obra ativa, principalmente para os iniciantes, não poderia ser suprimida ou nem ao menos substituída sem se contemplar a necessidade de anos de atuação no mercado, estudos e aprimoramentos especializados em ambientes industriais diversificados, e com tecnologias atualizadas, situação bastante diferente da atual realidade brasileira.

Neste contexto, salienta-se uma crescente necessidade de implantação de tecnologias da Indústria 4.0 nos ambientes de ensino técnico profissional, conforme se observa no programa do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de aprendizagem 4.0, criado em parceria com a Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade (SEPEC) do Ministério da Economia em 2020, e o programa de auxílio à empresa, por meio da plataforma eletrônica SENAI 4.0 que passa a disponibilizar uma linha de soluções e serviços em Educação, Inovação e Tecnologia vinculados à Indústria 4.0.

Coşkun, Kayikci e Gençay (2019) vêm reforçar a importância da presente pesquisa, porque, numa releitura de diversos trabalhos científicos sobre o tema, examinaram as transformações em curso na educação profissional com o viés de suportar a transformações estruturais da Indústria 4.0. Os autores propõem promover a aprendizagem experiencial, a partir de três pressupostos: o conteúdo, a experiência e o *feedback*, consideram também ser essencial o desenvolvimento de aspectos psicossociais e emocionais. Além disso, salientam o trabalho em equipe e a interdisciplinaridade como elementos essenciais para o sucesso da Indústria 4.0.

Neste ambiente, observa-se que se faz importante a busca por soluções para capacitar e preparar a mão de obra para atuação profissional, conforme exigem as novas tendências mundiais. De forma que se evidencia, segundo Aires, Moreira e Freire (2017), a necessidade de desenvolvimento de diferentes habilidades profissionais que, em linhas gerais, contemplam: criatividade, inovação, comunicação, solução de problemas e conhecimentos técnicos específicos para atuação com as novas tecnologias emergentes.

Caracteriza-se a importância de desenvolver a adaptação de uma nova abordagem para o processo ensino-aprendizagem adequada ao ensino 4.0, segundo Mourtzis, *et al.* (2018), de maneira a proporcionar a inclusão dos novos alunos em um novo contexto do ensino profissional, para atender às novas demandas do mercado de trabalho, compatíveis com o novo ambiente e suas tecnologias.

Impõe-se, então, a necessidade da formação de profissionais com conhecimentos e capacidades elevadas e diversificadas, além da necessidade de proporcionar contato direto com as tecnologias emergentes utilizadas na Indústria 4.0, desenvolver habilidades para o trabalho em equipes de alto desempenho e adaptar o método de ensino técnico atual ao novo cenário.

Considera-se, também, que os avanços da tecnologia observados nos últimos anos em manutenção industrial e a implantação de métodos de análise e coleta de dados via sensores, apontam cada vez mais a necessidade de aprendizagens específicas, capacitação técnica, competências transversais e utilização de tecnologias emergentes (AIRES, MOREIRA e FREIRE, 2017); tudo isto, a fim de garantir a disponibilidade de máquinas, equipamentos e instalações da planta industrial. Enquanto a manutenção industrial ainda aponta para necessidades com relação ao desenvolvimento de capacidades de trabalho em equipe multifuncional, novas competências tecnológicas e aprendizagem compatível ao ambiente 4.0.

Também, os processos de produção e logística, segundo Almeida *et al.* (2019), obtiveram recentemente fortes investimentos em automação, manufatura aditiva (*3D impression.*), Internet das Coisas ou *Internet Of Things* (IOT), computação em nuvem (*cloud computing*), Inteligência Artificial (IA), utilização de robôs (*Robotics*), *softwares* de simulação (*Simulation Computing*), *cibersegurança* (*Cyber Security*), Realidade Virtual (RV), RA, QR Code (*Quick Response Code*) e análise de dados (*Big Data*).

Neste contexto, se insere as atividades de manutenção mecânica, como sendo de grande importância para manter o funcionamento regular da manufatura, permeada pelo tema *Augmented Reality* (AR) ou RA que, segundo Subakti e Jiang (2018), pode oferecer novos modos de visualização, navegação e interação entre o ambiente real e o usuário.

A RA tem sido uma experiência amplamente utilizada por profissionais na visualização de dados e informações industriais, de forma direta e intuitiva, segundo Subakti e Jiang (2018), com o objetivo de melhorar o entendimento e a interação de elementos reais e virtuais que se misturam entre si. Ela tem se mostrado mais eficaz como ferramenta de aprendizagem do que os métodos baseados em texto ou vídeo, nos treinamentos e formação; como exemplo, cita-se um caso da indústria aeronáutica, onde sua adoção, apresentou redução do tempo de treinamento e custos globais de manutenção (MACCHIARELLA; VICENZI, 2004).

Coşkun, Kayikci e Gençay (2019) reportam outros conceitos, como: a Manutenção Baseada em Confiabilidade (CBM) e Gerenciamento de Prognóstico e de Saúde (PHM) que foram introduzidos nas indústrias e impulsionaram a utilização de análises preditivas com a utilização de sensores que monitoram os processos e o acompanhamento *online* das principais funções de máquinas e equipamentos em tempo real. Essas ações têm conduzido a um campo fértil para as tecnologias de aprendizado inteligente de máquina e à geração de propostas automatizadas para os conteúdos de RA que, em breve, poderão dar suporte às intervenções de máquinas e equipamentos.

Para Tori (2010), as tecnologias interativas terão papel fundamental na evolução do ensino, quer seja por meios virtuais ou analógicos, à distância ou presencialmente; e os conceitos que irão permear a escola do futuro são a interatividade, a colaboração e a aproximação presencial ou virtual com o objeto de estudo.

Salienta-se, ainda, que atualmente se utiliza o método de instrução individual em todos os processos de formação profissional, inclusive naqueles onde se realizam trabalhos em equipes (compartilhando e utilizando máquinas, equipamentos e materiais no desenvolvimento de situações de aprendizagem que buscam realizar atividades coletivas).

Surge, então, a necessidade de se adaptar o processo de ensino aprendizagem atual ao novo contexto requerido pela indústria 4.0, a qual complementa o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, competências específicas, transversais e interdisciplinares, em tarefas individuais, coletivas e multifuncionais. Além disso, é preciso ter contato com as tecnologias emergentes em um contexto de aprendizagem experiencial que considera as diferenças de personalidade e o estilo de aprendizagem de cada indivíduo.

Esses argumentos permitiram a construção da presente pesquisa, que tem como orientação a seguinte **pergunta básica de pesquisa**: “Como aplicar a RA em cursos técnicos profissionalizantes na área de manutenção industrial adaptada ao contexto 4.0?”. E, como **objetivo geral**: - Construir um modelo para aplicação da RA em atividades práticas, realizadas

por equipes formadas para atuarem em ambientes 4.0, no ensino técnico profissional da área de Manutenção Industrial.

Para atingir o objetivo geral, elencou-se os seguintes **objetivos específicos**:

- 1) Identificar tecnologias, dispositivos e *softwares* necessários para aplicação de RA;
- 2) Construir um aplicativo RA para as atividades práticas do ensino de Manutenção Industrial, em um curso técnico profissionalizante;
- 3) Propor adequação de recursos humanos para a formação de equipes, considerando-se os aspectos psicossociais;
- 4) Selecionar contribuições e elaborar guias de orientação para a otimização da Aprendizagem Experiencial no trabalho em equipe;
- 5) Adequar o espaço físico (área, *layout* e recursos) para a aplicação de RA conforme a necessidade da proposta de ensino aprendizagem voltada ao trabalho em equipe.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Tenberg e Pittich (2017) apresentam uma interessante discussão sobre a dicotomia do ensino profissionalizante na Alemanha atual: implantar uma nova metodologia de ensino-aprendizagem para atender as demandas atuais da Indústria 4.0, ou evoluir e atualizar o sistema existente. Nessa discussão, os autores observam que as mudanças necessárias são pouco conhecidas, e a forma como impactará nos próximos anos depende de fatores que ainda não são conhecidos em sua plenitude. Assim, apontam pela atualização do sistema atual, como melhor alternativa devido ao elevado custo e longo período necessários à reformulação e implantação de um novo sistema.

Este parágrafo introdutório visa alertar o leitor para as recentes preocupações que rondam as economias mundiais, com relação ao desenvolvimento dos sistemas de ensino-aprendizagem que atendam às necessidades da quarta revolução industrial; e, mais ainda, observa que até o momento não existe consenso sobre o tema. No entanto, algumas iniciativas estão sendo propostas e trazendo resultados bem satisfatórios na busca por soluções locais, sobretudo no que diz respeito ao importante papel do indivíduo nesta revolução e a necessidade de sua adequação ao novo ambiente (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2017; TESSARINI, SALTORATO, 2018; MOURTZIS; *et al.*, 2018).

1.1 A Indústria 4.0

O termo “Indústria 4.0” foi utilizado publicamente na Alemanha, em 2011, por um grupo composto por representantes de diferentes áreas de atuação que discutiam como melhorar a participação de seu país na indústria de manufatura. A partir disso, o governo alemão adotou o termo para designar uma série de estratégias voltadas à tecnologia. Tais estratégias se mostraram capazes de transformar a organização das cadeias de valor globais (SWAB, 2016).

Rapidamente iniciativas semelhantes foram adotadas por outros países com o propósito de manter a competitividade: os EUA anunciaram em 2011 a *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) e, em 2014, sua sucessora, a *Accelerating US Advanced Manufacturing* (AMP 2.0). Em 2015, a China seguiu o mesmo caminho com o projeto “*Made in China 2025*”, um programa estratégico para atualizar a indústria no país. Também, destaca-se a atuação da Coreia do Sul, com a criação do *Korea Advanced Manufacturing System* (KAMS) (TESSARINI; SALTORATO, 2018).

A Indústria 4.0, também tem sido reconhecida como um conjunto de aparatos tecnológicos capaz de atender aos requisitos individuais do cliente, tais como: maior flexibilidade, otimização da tomada de decisão, ganhos de produtividade, maior eficiência na utilização de recursos, maiores oportunidades de criação de valor, melhor responsividade, e mais equilíbrio entre trabalho-vida pessoal dos funcionários (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Para Rüßmann *et al.* (2015), a Indústria 4.0 é sustentada por 9 pilares tecnológicos: *Big Data* e Análise de Dados, Robôs Autônomos, Simulação, Integração de sistemas horizontais e verticais, a Internet Industrial das Coisas, Segurança Cibernética, Nuvem, Fabricação Aditiva e RA.

Quatro componentes principais compõem a Indústria 4.0: os CPPS, a IOT, a Internet de Serviços ou *Internet Of Service* (IOS), e as Fábricas Inteligentes ou *Smart Factories* (SF) (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Tessarini e Saltorato (2018) analisaram diversos trabalhos sobre o tema, nos quais identificaram os impactos e as novas competências, apresentadas no Quadro 1, a serem desenvolvidas pelos trabalhadores para a melhorar a empregabilidade, baseadas nos desafios impostos pela Indústria 4.0.

Tessarini e Saltorato (2018) também apresentaram, no Quadro 2, as necessidades do ambiente 4.0 divididas em três categorias de competências: Competências Funcionais, para o desempenho técnico e profissional das tarefas; Competências Comportamentais, relacionadas às atitudes do indivíduo; e, Competências Sociais, relacionadas com a capacidade de interagir e trabalhar em equipe multifuncionais, conforme apresentados.

Dentre as competências apresentadas, destacam-se as referente a resolução de problemas complexos, inteligência emocional e habilidade de trabalhar em equipe como de grande importância para nortear a aprendizagem corporativa em processos de adequação de recursos humanos 4.0, pois se observa atualmente a crescente necessidade de realizar trabalhos complexos, em equipe multifuncionais de alto desempenho e realizadas por indivíduos com diferentes formações psicossociais.

No âmbito da Indústria 4.0, se faz importante desenvolver alta compreensão dos processos e das atividades de manufatura integradas por virtualização, além de realizar a transferência de conhecimentos e apresentar mentalidade voltada para aprendizagem constante.

Quadro 1: Impactos nas relações de trabalho.

IMPACTO	FONTE
Aumento do desemprego tecnológico, em contrapartida a criação e/ou aumento de postos de trabalho mais complexos e qualificados.	BCG (2015b) Becker e Stem (2016) Edwards e Ramirez (2016) Freddi (2017) Peters (2016) Salento (2017) Weber (2016) WEF (2016)
Necessidade de desenvolvimento de novas competências e habilidades	BCG (2015b) Gehrke <i>et al.</i> (2015) Schuh <i>et al.</i> (2015) Edwards e Ramirez (2016) Heclkau <i>et al.</i> (2016) Weber (2016) Jasiulewicz-Kaczmarek <i>et al.</i> (2017) Benesova e Tupa (2017) WEF (2016;2017)
Maior interação entre o homem e a máquina	BCG (2015b) Romero <i>et al.</i> (2016)
Transformações nas relações socioprofissionais	Gorecky <i>et al.</i> (2014) Edwards e Ramirez (2016) Hirsch-Kreinsen (2016) Shamim (2016) WEF (2016) Caruso (2017) Jasiulewicz-Kaczmarek <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Tessarini e Saltorato (2018, p. 757)

Quadro 2: Competências requeridas pela Indústria 4.0.

Competências funcionais	Resolução de problemas complexos
	Conhecimento avançados em TI, incluindo codificação e programação
	Capacidade de processar, analisar e proteger dados e informações
	Operação e controle de equipamentos e sistemas
	Conhecimento estatístico e matemático
	Alta compreensão dos processos e atividades de manufatura
Competências comportamentais	Flexibilidade
	Criatividade
	Capacidade de julgar e tomar decisões
	Autogerenciamento do tempo
	Inteligência emocional
Competências sociais	Mentalidade orientada para aprendizagem
	Habilidade de trabalhar em equipe
	Habilidades de comunicação
	Liderança
	Capacidade de transferir conhecimento
	Capacidade de persuasão
Capacidade de comunicar-se em diferentes idiomas	

Fonte: Tessarini e Saltorato (2018, p. 761)

Para Inoue *et al.* (2019), os sistemas de produção inteligentes são definidos por princípios como: a virtualização, a descentralização, a orientação aos serviços, a modularização, a IOT, *Big Data*, segurança digital e computação em nuvem. Para atender às demandas de qualificação necessárias ao uso destas tecnologias emergentes, Aires, Moreira e Freire (2017) apontam as habilidades necessárias, apresentadas no Quadro 3, onde se pode observar, entre tantas habilidades requeridas, a importância do desenvolvimento de habilidades comportamentais, competências transversais e trabalho em equipes multidisciplinares.

Quadro 3: Habilidades para a Indústria 4.0

Sorko e Irsa	2016	Reproduzir conhecimentos simples. Analisar, avaliar e desenvolver situações com criatividade e inovação.
Garbie	2017	Capacidades relacionadas a sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.
Voronina e Moroz	2017	Conhecimentos técnicos. Criatividade. Comunicação.
CNI	2016	Trabalhar em equipes multidisciplinares. Ter elevado nível de conhecimento técnico. Ter capacidade de interação com outras áreas do conhecimento.
Deloitte	2016	Estudo não lista as competências, mas faz menção a desenvolvimento de competências técnicas (<i>hard skills</i>) e habilidades comportamentais (<i>soft skills</i>).
WEF	2016	<p>Habilidades:</p> <p>Habilidades cognitivas: flexibilidade cognitiva, criatividade, raciocínio lógico, sensibilidade para problemas, raciocínio matemático e visualização.</p> <p>Habilidades físicas: força física e destreza manual e de precisão.</p> <p>Competências básicas:</p> <p>Competências de conteúdo: aprendizagem ativa, expressão oral, compreensão de leitura, expressão escrita e alfabetização TIC.</p> <p>Competências de processo: escuta ativa, pensamento crítico, monitoramento próprio e dos outros.</p> <p>Competências transversais:</p> <p>Competências sociais: coordenação de equipe, inteligência emocional, negociação, persuasão, orientação de serviço e treinamento de pessoas.</p> <p>Competências sistêmicas: julgamento e tomada de decisão e análise sistêmica.</p> <p>Competência para solucionar problemas complexos: solução de problemas complexos.</p> <p>Competências de Gestão de Recursos: gerenciamento de recursos financeiros, gerenciamento de recursos materiais, gestão de pessoas e gestão do tempo.</p> <p>Competências Técnicas: reparo e manutenção de equipamentos, controle e operação de equipamentos, controle e operação de equipamentos, programação e controle de qualidade.</p>

Fonte: Adaptado de Aires, Moreira e Freire (2017)

1.2 Manutenção industrial

Para Marcorin e Lima (2013), a busca pela qualidade e produtividade passa por diversas questões como: políticas de qualidade, sistemas de produção, treinamento, manutenção e fatores estratégicos que destacam o papel da manutenção como essencial para garantir o alcance das metas corporativas. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho dos equipamentos.

Para Kardec e Nascif (2013), a queda de produção leva a empresa a buscar sua origem em outros fatores, como: ferramental, materiais e até operadores, o que eleva os custos operacionais. Enquanto, para Martins e Laugeni (2015), os processos produtivos das empresas dependem muito da confiabilidade e da disponibilidade de seus equipamentos e instalações, e representam expressiva vantagem competitiva. Isto exige cada vez mais atenção e esforço para a melhoria dos processos de manutenção.

Fumeo, Oneto e Anguita (2015) relatam que um dos objetivos principais da manutenção é maximizar a vida útil de um ativo; para este fim, as ações de manutenção são realizadas e podem ser enquadradas em uma taxonomia que inclui as categorias: Manutenção Corretiva (CM), Manutenção Preventiva (PM), Manutenção Preditiva (PDM), CBM e PHM. Os mesmos autores afirmam que a PDM, geralmente, é implementada simultaneamente com a PM e busca identificar sinais que podem tanto alertar para uma falha iminente quanto para pequenas falhas com potencial para iniciar uma reação em cadeia. Ainda, para os autores, a CBM utiliza sinais emitidos por sensores que coletam dados em tempo real e permitem realizar uma intervenção tempestiva.

Upasani *et al.* (2017) afirma que a PM, apesar do alto custo, permite a mitigação precoce de avarias. Os autores apresentaram um estudo interessante que avalia seis adaptações de heurísticas e meta-heurísticas para as políticas que pretendem manter um nível mínimo de confiabilidade ou maximizar a disponibilidade durante o processo de produção. O estudo indicou que Algoritmos Genéticos e Algoritmo de Colônia de Formigas modernas se mostraram eficazes na resolução de tais problemas.

Para Li, Wang e Wang (2017), muitas contribuições foram feitas, a fim de se obter um diagnóstico de falha e um prognóstico para recuperação de centros de usinagem ou máquina com Controle Numérico Computadorizado (CNC). A pesquisa foi dividida em sete grupos: análise de medição geométrica, análise de vibração, análise de óleo, análise de fluido de corte, análise de consumo de energia, análise de temperatura e análise de emissão acústica. Os autores

apontam, ainda, a existência de grandes desafios a serem vencidos na área, mesmo com o avanço da Indústria 4.0.

Atamuradov *et al.* (2017) apontam que a implantação do sistema PHM envolve três fases compostas por observação, análise e ação. São divididas por etapas que abrangem a aquisição de dados, pré-processamento de dados, detecção, diagnóstico e prognósticos, tomada de decisão e, finalmente, a interface homem-máquina.

Conceitos, como a CBM, foram introduzidos nas indústrias e impulsionaram o aumento da utilização de análises preditivas e sensores que monitoram *online* os processos e as principais funções de máquinas e equipamentos. Utiliza-se, também, as tecnologias de aprendizado de máquina e RA para dar suporte às intervenções de máquinas e equipamentos (COSKUN; KAYIKCI; GENÇAY, 2019).

1.3 Realidade Aumentada

A Indústria 4.0 possibilita novas formas de integrar o mundo real e o virtual ao processo produtivo, para assim, permitir que as máquinas colem dados em tempo real, os analisem e, até mesmo, tomem decisões com base neles. Esta revolução incorrerá em grandes mudanças previstas para as próximas décadas.

Kirner e Tori (2004) afirmam que a RA está incluída em um sistema mais amplo, denominado Realidade Misturada (RM). Na RA, objetos virtuais são colocados no mundo real e a interface que ele usa no ambiente real é adaptada para visualizar e manipular os objetos virtuais colocados no seu espaço. Na Virtualidade Aumentada (VA), elementos reais são inseridos no mundo virtual, onde a interface do usuário é a que o transporta para o ambiente virtual. Esses dois sistemas se completam e se auxiliam formando um sistema mais amplo, definido pelos autores como RM.

O termo RA ganhou força ao longo do tempo e tomou conta das aplicações nas áreas industriais de manufatura, montagem e manutenção industrial. A RA é particularmente útil quando as máquinas, dispositivos ou tarefas forem muito complexos (GOLANSKI; PERZ-OSOWSKA; SZCZEKALA, 2014); ou nas situações em que as atividades de manutenção devem ser realizadas em ambientes perigosos (FIORENTINO *et al.* 2016; NAKAI; SUZUKI 2016).

Para Dey e Sarkar (2016), uma cena em RA pode ser composta como uma cena de RV que contém um vídeo de fundo do ambiente, projetado em um painel. Uma câmera virtual que captura a imagem do mundo real e o modelo virtual do ambiente. Assim, a escala e a posição

do modelo devem ser ajustadas para que, ao olhar da posição da câmera virtual para o vídeo de fundo, o modelo permita reconhecer o ambiente em 3D e envolver as imagens dos objetos reais que ele replica.

Segundo Montero *et al.* (2017), as experiências que seguem a abordagem da RA, podem ser planejadas e organizadas em quatro grupos diferentes:

- Modelagem de ambiente – definição de uma cópia 3D do ambiente;
- Composição da cena de RA – alinhamento da cópia 3D com a visão do ambiente dos usuários e a definição dos elementos de cena;
- Simulação das condições ambientais – a cena AR é aprimorada com efeitos realistas para se parecer com o cenário real;
- Definição da animação de cena e interações com o usuário – os objetos virtuais são animados e as regras que governam a interação entre eles e os usuários finais são definidas.

Zhuravlov-Galchenko (2017) apresenta o conceito de *Software Development Kit* (SDK) como um conjunto de ferramentas que possibilita a criação de novas aplicações, com a adição de funcionalidades a aplicações já existentes, e são desenvolvidos para plataformas específicas, como os sistemas operacionais mobile (Android ou iOS) ou videogames.

A RA oferece novos modos de visualização, navegação e interação entre o ambiente real e o usuário. Esta tecnologia emergente pode auxiliar os profissionais a visualizarem dados e informações industriais de maneira direta e intuitiva, permitindo-lhes melhor entendimento, interação e utilização de imagens virtuais que se misturam ao ambiente real (SUBAKTI; JIANG, 2018).

Bottani e Vignali (2018) relatam que, em 2011, surge apontam os processos de identificação, concepção, fabricação, montagem, manutenção, inspeção e treinamento como as áreas-chave para sua aplicação. Comentam, também, que tecnologias emergentes para aplicativos remotos como:

- *Spatial Augmented Reality* (SAR), aumenta objetos e cenas do mundo real sem o uso de monitores, mas com projetores digitais para exibir gráficos e informações básicas sobre objetos físicos.
- *Mobile Augmented Reality* (MAR), usam de uma ou mais tecnologias de rastreamento como câmeras digitais e/ou outros sensores ópticos, como acelerômetros, *Global Positioning System* (GPS), giroscópios, bússolas de estado sólido, *Radio Frequency Identification* (RFID) e sensores sem fio.

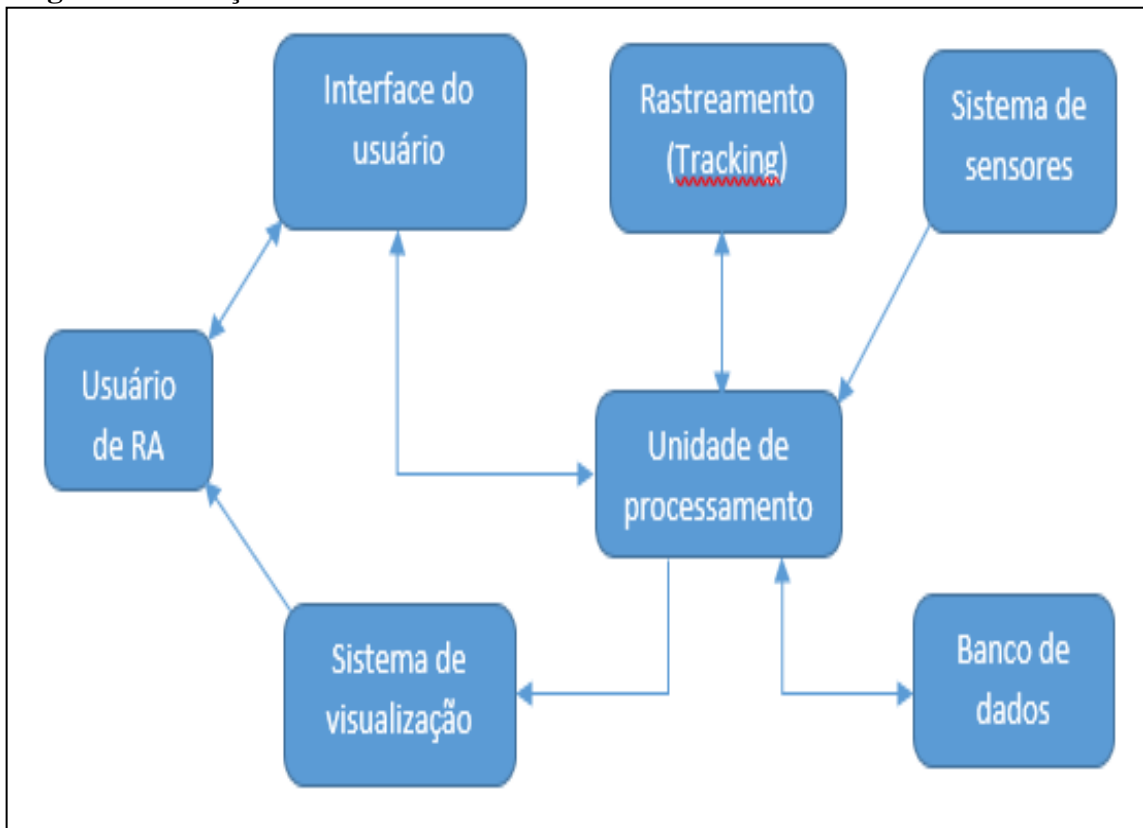
Ainda, Bottani e Vignali (2018) apontam a Manutenção como uma das áreas de maior

aplicação da RA, e apresentam soluções tecnológicas adotadas na implementação de sistemas de RA, que incluem alguns componentes essenciais, como:

- Dispositivos de visualização – exibem os resultados do processamento de imagem ou a imagem do mundo real, enriquecida com informações adicionais;
- Tecnologias de captura – soluções tecnológicas desenvolvidas para capturar uma cena e coletar informações sobre o meio ambiente;
- Dispositivos de interação – ferramentas de comandos de processamento e a exibição de informações;
- Tecnologias de rastreamento – soluções tecnológicas para identificar as posições do usuário no ambiente industrial e permitir que o sistema reconheça os principais componentes na cena capturada.

Egger e Masood (2019) apresentam os componentes básicos de um sistema de RA: visualização, sensor, rastreamento, unidade de processamento e a interface do usuário (Figura 1). A interação entre estes componentes é realizada da seguinte forma:

- A interface do usuário permite a comunicação bidirecional com o sistema. Também reconhece entradas por *Hardware* como mouse, teclado e *scanner* de mão.
- O sistema de rastreamento permite que objetos digitais sejam identificados com precisão. A maioria é baseada em marcadores fixos, utilizados para triangular a posição correta do objeto digital.
- O sistema de sensores obtém informações do ambiente real. Geralmente, a entrada é realizada por meio de uma ou várias câmeras que fornecem percepção de profundidade. Ao usar sistemas de RA móveis, diferentes sensores como: giroscópios e acelerômetros são usados para determinar a posição de exibição; enquanto para a RA espacial, outros métodos são utilizados para obter profundidade como informações ultrassônicas ou sensores infravermelhos.
- O banco de dados tem a função de armazenar as informações e objetos digitais que farão parte da experiência do usuário.
- A unidade de processamento é responsável por acionar o *software* que executa o sistema RA. Além disso, realiza a conexão com outras fontes de dados obtidas em tempo real, para visualização do usuário.
- O sistema de visualização enxerga informações digitais dentro do contexto do ambiente real.

Figura 1: Interação do sistema RA.

Fonte: o autor.

Conforme Tori e Hounsell (2018), considera-se que quatro tecnologias de visualização estão disponíveis para sistemas de AR, os quais podem ser classificados como móveis ou estacionários.

As tecnologias móveis são: *Head-Mounted Display* (HMD), monitores montados na cabeça como dispositivos vestíveis, como óculos e capacetes inteligentes; e *Hand-Held Display* (HHD), dispositivos portáteis de mãos como tablets e smartphones.

Já as tecnologias estacionárias são: *Head-Up Display* (HUD), telas estáticas com sistemas informatizados que projetam informações ao visualizador por meio de uma tela ou de um *display* separado; e *Spatial Display* (SD), projetores digitais, geralmente fixos, capazes de sobrepor os objetos reais com informações virtuais.

Considerando que as tarefas de chão de fábrica requerem a movimentação do usuário RA, o HMD ou *display* montado na cabeça, é o dispositivo mais relatado em estudos de pesquisa por ser mais fácil de transportar e não requerer câmeras ou monitores a serem instalados na área de produção. No entanto, relata-se que o uso de HMD poderia forçar o trabalhador a limitar os movimentos da cabeça causando desconforto e dores, sobretudo nas

regiões de pescoço e ombros, porém são indicados para situações em que o usuário deve manter suas mãos desocupadas durante a realização das tarefas.

Ainda, segundo Tori e Hounsell (2018), os sistemas de rastreamento para AR podem ser classificados em duas categorias: “Baseado em marcadores” e “Sem marcadores”.

Em soluções baseadas em marcadores, um tipo de etiqueta ou cartão é anexado nos elementos de interesse para permitir que o sistema de AR os reconheça e forneça as informações carregadas nelas quando necessário. Publicações realizadas apontam o uso de códigos de barras, códigos QR, marcadores fiduciais, marcadores ópticos, marcadores físicos ou etiquetas RFID desenvolvidas para este fim.

Para o rastreamento sem marcadores, são adotadas diferentes soluções que combinam rastreamento híbrido e rastreamento baseado em recursos, onde o aplicativo criado reconhece uma característica particular que atua como um marcador. Pode-se utilizar, por exemplo, uma imagem 2D ou características de construção para o reconhecimento. Enquanto Neges *et al.* (2015) e Fiorentino *et al.* (2016) fazem uso de marcadores naturais, ou seja, marcadores que já são disponíveis no local e que, devido à sua forma particular ou cor, tem grande potencial para ser usado para rastreamento óptico.

1.4 Realidade Aumentada no ambiente de manutenção

Experiências voltadas à realização de tarefas práticas de manutenção mostram aumentos significativos de eficiência nas tarefas com suporte de RA, comparativamente com a manutenção baseada em instruções com o uso de papel, mais especificamente em relação ao tempo de conclusão e taxa de retrabalho. (FIORENTINO *et al.* (2014); LAMBERTI *et al.* (2014); MOURTZIS; VLACHOU; ZOGOPOULOS (2017).

Lamberti *et al.* (2014) também estimam, em sua pesquisa, que ao utilizar RA pode-se obter uma redução significativa do custo de manutenção. Enquanto Havard *et al.* (2015) introduziram uma estrutura desenvolvida para criar conteúdo, para profissionais sem habilidades de programação, para promover o desenvolvimento de facilidades para a concepção de conceitos de autoria.

Vantagens como a visualização de dados do sistema de qualidade por meio de RA no local da intervenção foram relatadas, esta ação pode melhorar a velocidade de reação e a investigação de falhas de processos, antecipando-se ações de manutenção e melhorias. Um sistema apresentado por Segovia *et al.* (2015), utilizou uma aplicação RA para visualizar dados de qualidade, por meio de aplicação HHD; no entanto, observou-se, na época, que a solução

mostrava apenas funcionalidades rudimentares e não integravam sistemas de gerenciamento de dados de qualidade. Engelke *et al.* (2015) desenvolveram um sistema em que pessoas tecnicamente qualificadas são capazes de transformar conteúdo tradicional em conteúdo RA, facilitando esta tarefa.

Para Erkoyuncu *et al.* 2017, geralmente o conteúdo é criado offline, o que permite utilizar os conhecimentos e as experiências de campo para a elaboração de autoria de conteúdo RA na execução de reparos.

Schlagowski, Merkel e Meitinger (2017) relatam que no Instituto Fraunhofer de Fundação Composição e Tecnologia de Processamento, em Augsburg (Alemanha), um experimento baseado em *Microsoft HoloLens* chamado de HMD é usado para desenvolver um sistema de assistência remota centrado no ser humano, como um teste protótipo com foco nas funções de assistente para tarefas de manutenção em um torno CNC. No experimento também se buscou incorporar conceitos de *Big Data* na arquitetura, por meio da coleta de dados realizada durante o período de uso de óculos com visão RA.

Mourtzis *et al.* (2017) também realizaram experimentos focados na integração de dados e conexão entre diferentes partes interessadas como: mantenedores, fornecedores, fabricantes e departamentos internos. Eles utilizaram RA no Sistema de Serviço de Produto (SSP) entre o fabricante de uma máquina-ferramenta e a empresa que a opera. A ideia para a solução proposta é baseada em plataforma de nuvem automatizando a comunicação e integrando a captura de dados dentro de um sistema inteligente.

Lamberti e Pescador (2018) usaram um protótipo de sistema RA desenvolvido para manutenção de eletrônicos e observaram que aplicações futuras serão focadas em máquinas-ferramentas industriais. Neste caso, adota-se um sistema em que uma operadora de serviços poderá prestar assistência remota aos técnicos que se encontram no local da intervenção, além de permitir que o operador crie e altere conteúdos, para obter melhores resultados nas operações de manutenção.

1.5 Equipes de manutenção multidisciplinares

O ambiente de ensino tradicional, ao longo de décadas, buscou formar trabalhadores que realizavam bem uma determinada função em uma ocupação específica devido às necessidades exigidas pela segunda e terceira revoluções industriais, conforme relata o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (2012). Para isto, era necessário que cada indivíduo tivesse seu próprio posto de trabalho munido com todas as máquinas, equipamentos, acessórios e

ferramentas destinadas à sua ocupação. Então o método de instrução individual passava a ser então aplicado de forma estruturada, conforme capacidades e competências necessárias ao desenvolvimento de cada função.

Porém deve-se considerar que alguns setores e disciplinas não são concebidos com os mesmos fundamentos. É o caso do setor de manutenção industrial, no qual várias funções diferentes, são reunidas em uma mesma tarefa onde se mobiliza conhecimentos e competências de diversas ocupações com o objetivo de resolver problemas pontuais e evitar a parada prematura do sistema produtivo.

De forma que atualmente, esta disciplina não apresenta a mesma dinâmica para tarefas de execução prática e, portanto, não se alinha aos mesmos preceitos do ensino tradicional desenvolvido no ensino técnico, pois não é possível prever todas as reais necessidades requeridas para a resolução de problemas complexos e prover recursos diversificados para cada posto de trabalho, de forma individual.

Na prática, os recursos disponibilizados para treinamento são reduzidos, por serem grandes ou numerosos, assim os alunos partilham entre si as máquinas, equipamentos e ferramentas necessárias à execução da aprendizagem prática, a qual é então desenvolvida por meio de trabalho em equipe.

Assim constata-se a necessidade de propor orientações que possam adaptar o treinamento técnico atual às novas necessidades dos trabalhos realizados em ambiente 4.0, pois mobilizar competências de diversas áreas diferentes na solução de problemas requer que trabalhos práticos sejam realizados por equipes de alto rendimento com experiência no uso das tecnologias de comunicação e informação emergentes.

Salienta-se que aplicações RA relatadas requerem equipes eficientes e entrosadas (Quadro 4), assim, uma proposta adequada para se compor equipes, geralmente considera as compatibilidades entre os tipos psicológicos e de personalidades. Isto, por exemplo, pode ser construído a partir dos Indicadores de Tipos de Meyers e Briggs (MBTI) e da teoria dos temperamentos de Keirsey e Bates (KURI, 2004; RAMOS, 2005; NEVES, 2018; PASQUALI, 2020).

Para Kuri (2004), os processos que geram o aprendizado têm sido observados e analisados há tempos por diversos teóricos da educação. Assim, surgiram os modelos de estilos de aprendizagem que se classificam de acordo com as maneiras como as pessoas processam as

novas informações e experiências, e estas características podem influenciar comportamentos divergentes e conflitos no trabalho em equipe.

Ramos (2005) relata que o psicólogo e psiquiatra Carl Gustav Jung, e fundador da Psicologia Analítica, traçou um panorama teórico sobre os tipos de personalidade, o que trouxe importantes elementos para a melhoria das relações humanas. Jung determinou, em seus estudos, que indivíduos podem ser classificados por duas disposições psíquicas que resultaram em oito tipos, como pode ser visto na Figura 2, que são perfeitamente distintos e denominados de “Tipos Psicológicos”.

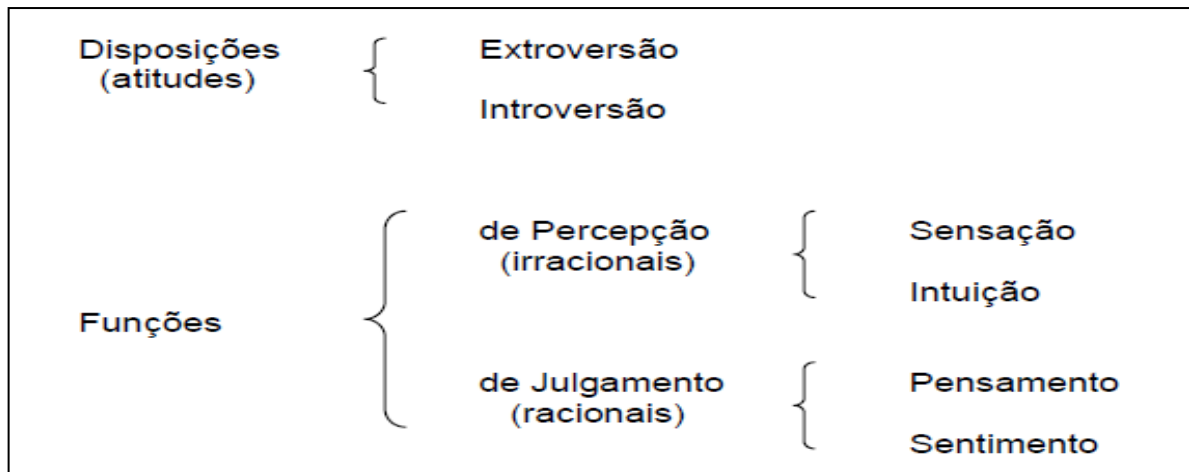
Quadro 4: Quadro resumo de pesquisas sobre trabalho em equipe.

Autor	Assunto	Contribuição
Sundstrom, De Meuse e Futrell (1990)	Fatores importantes para uma equipe eficaz	Estrutura e cultura organizacional, comunicações maduras, estabilidade do grupo ao longo do tempo, experiência, pequeno grupo e traços de personalidade.
Pearson, Ensley e Amanson (2002)	Distinção e inter-relação entre dimensões de conflitos substantivos e afetivos, respectivamente relativos às tarefas do grupo e às relações interpessoais	Pode-se observar que conflitos sócio afetivos envolvem situações de incompatibilidade nas relações interpessoais entre os membros do grupo, enquanto conflitos de tarefa envolvem situações de tensão no grupo devido à presença de diferentes perspectivas com relação a execução de uma tarefa.
Aleixo (2003)	Desenvolvimento de habilidades necessárias e a capacidade de aperfeiçoar as habilidades.	Os fatores de escolha mais importantes na formação de equipe estão associados à disposição de aprender e ensinar.
Dimas, Lourenço e Miguez (2005)	Processo de desenvolvimento da equipe.	Tensões entre os seus membros são frequentes e são sentidas e geridas de modo diferente, o processo irá passar primeiro por um clima de insegurança e ansiedade, depois os membros desenvolvem esforços para encontrar o seu lugar no grupo e para se libertarem da autoridade do líder. Este processo é necessário para o posterior desenvolvimento da confiança e de um clima em que os membros se sintam livres para discordar uns dos outros.

Fonte: o autor.

Ainda, para Ramos (2005), a partir das definições da teoria Junguiana, Katherine Briggs e Isabel Myers acrescentam nas suas definições as funções de percepção e de julgamento, o que deu origem à classificação MBTI, e que pode ser visto no Quadro 5.

Figura 2: Disposições e funções psicológicas de Jung.



Fonte: Adaptado de Ramos (2005).

Para Kuri (2004), os estudos de Meyers e Brings apontam que para que a formação de uma equipe eficaz, se valha de uma boa combinação de tipos de personalidade que permitam complementar-se mutuamente de forma cooperativa e afirmam que a discordância generalizada dificultaria a realização de tarefas conjuntas.

Quadro 5: Tipos de personalidade, segundo Briggs e Myers.

	Tipos Sensoriais		Tipos Intuitivos		
	Pensamento ST	Sentimento SF	Sentimento NF	Pensamento NT	
Introvertido (I)	ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ	Julgamento (J)
	ISTP	ISFP	INFP	INTP	Percepção (P)
Extrovertido (E)	ESTP	ESFP	ENFP	ENTP	Percepção (P)
	ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ	Julgamento (J)

Fonte: Kuri (2004, p. 54).

A partir destas considerações, Chen e Lin (2004) definiram, em seus estudos, uma relação por comparação, como pode ser vista na Figura 3.

Figura 3: Definição de relações dos pares da classificação MBTI.

Extrovert (E) ↔ Introvert (I)		Sensing (S) ↔ iNtuitive (N)	
	E	I	
E	+	O	
I	O	-	
Thinking (T) ↔ Feeling (F)		Judging (J) ↔ Perceiving (P)	
	T	F	
T	O	+	
F	+	O	
Note:	+ = Positive Relation		
	O = Neutral Relation		
	- = Negative Relation		

Fonte: Chen e Lin (2004, p. 116).

Keirsey e Bates (1984) identificaram quatro temperamentos básicos diferenciados pelas dimensões extroversão (E) e introversão (I): o realista perceptivo (SP – sensação e percepção); o realista judicativo (SJ – sensação e julgamento); o intuitivo sensível (NF – intuição e sentimento); e o intuitivo racional (NT – intuição e pensamento).

Conforme o temperamento, esclarece Silva (1992), distinguem-se as dimensões julgamento/percepção (J/P), para os temperamentos intuitivo racional e intuitivo sensível, e as dimensões razão/sentimento (T/F), para os temperamentos realista perceptivo e realista judicativo, resultando em dezesseis subtipos (Figura 4).

Na análise de compatibilidades pelo Temperamento, considera-se que cada indivíduo tende a avaliar os demais conforme sua própria imagem e semelhança, porém quando não consegue moldá-los, sente-se extremamente frustrado e inconformado diante das divergências desencadeadas (KURI, 2004; NEVES, 2018; PASQUALI, 2020). Testemunha-se ainda forte resistência, afetiva e emocional, o que acarreta grande possibilidade de rejeição de ideias divergentes como resultado (RAMOS, 2005).

Para Keirsey (1998), a personalidade tem dois lados: o temperamento e o caráter. Temperamento está relacionado com as inclinações, para as quais tendem o indivíduo de forma psicológica, enquanto caráter está relacionado com os hábitos praticados pelo indivíduo.

Figura 4: Os tipos básicos de temperamentos e dezesseis subtipos.

Realista Judicativo (SJ)	{	ESFJ	realista judicativo (SJ), extrovertido (E), sensível (F)
		ISFJ	realista judicativo (SJ), introvertido (I), sensível (F)
		ESTJ	realista judicativo (SJ), extrovertido (E), racional (T)
		ISTJ	realista judicativo (SJ), introvertido (I), racional (T)
Realista Perceptivo (SP)	{	ESFP	realista perceptivo (SP), extrovertido (E), sensível (F)
		ISFP	realista perceptivo (SP), introvertido (I), sensível (F)
		ESTP	realista perceptivo (SP), extrovertido (E), racional (T)
		ISTP	realista perceptivo (SP), introvertido (I), racional (T)
Intuitivo Racional (NT)	{	ENTJ	intuitivo racional (NT), extrovertido (E), judicativo (J)
		INTJ	intuitivo racional (NT), introvertido (I), judicativo (J)
		ENTP	intuitivo racional (NT), extrovertido (E), perceptivo (P)
		INTP	intuitivo racional (NT), introvertido (I), perceptivo (P)
Intuitivo Sensível (NF)	{	ENFJ	intuitivo sensível (NF), extrovertido (E), judicativo (J)
		INFJ	intuitivo sensível (NF), introvertido (I), judicativo (J)
		ENFP	intuitivo sensível (NF), extrovertido (E), perceptivo (P)
		INFP	intuitivo sensível (NF), introvertido (I), perceptivo (P)

Fonte: Silva (1992, p. 46).

Estudos realizados (Quadro 6) apontam que personalidade, temperamento, estilo de aprendizagem, experiências vividas, comportamento, equidade e compatibilidade entre os estilos de aprendizagem, estão relacionadas com o desempenho esperado no trabalho em equipe e, portanto, são fatores que devem ser considerados para a atuação no ambiente 4.0.

Quadro 6: Estudos de aprendizagem.

Pesquisadores	Estilos de aprendizagem
Lawrence (1982)	Estudos de personalidade e temperamentos são essenciais onde o comportamento em grupo pode causar alterações nos resultados esperados.
Kolb (1984)	Estilos são enfatizados por bagagem hereditária, experiências adquiridas e exigências ambientais.
Keefe (1987)	São comportamentos psicológicos, afetivos e cognitivos característicos que servem como indicadores relativamente estáveis de como o indivíduo recebe, percebe e responde.
Felder e Silvermann (1988)	O aproveitamento em aula é função de sua habilidade natural e preparo interior, além da compatibilidade entre o seu estilo de aprendizagem e o estilo de ensino do professor.
Campbell, Campbell e Dickinson (2000)	Diferenças individuais na maneira como a informação é compreendida, processada e comunicada podem alterar a resposta de cada indivíduo estimulado.

Fonte: o autor.

1.6 Estilos de aprendizagem

O Quadro 7 apresenta um resumo dos estilos de aprendizagem, iniciados por Kolb em 1984, e complementados por outros autores ao longo do tempo.

Quadro 7: Estilos de Aprendizagem.

Ciclos de aprendizagem de Kolb (1984)	Estilos de aprendizagem de Kolb (1984)	Estilos de aprendizagem de Kolb e Kolb (2013)	Estilos de aprendizagem de Honey e Mumford (1986)	Estilos de aprendizagem de Alonso, Gallego e Honey (2000)	Perguntas de Alonso, Gallego e Honey (1992)	Perguntas de McCarthy (1987)
Experiência Concreta (EC)		Experimentando (EA/EC/OR)	Ativo	Ativo (A)	Vou aprender algo novo, desafiador ?	
	Divergente	Imaginando (EC/OR)		Ativo-Reflexivo (AR)		Por que ?
Observação Reflexiva (OR)		Refletindo (EC/OR/CA)	Reflexivo	Reflexivo	para analisar, assimilar e preparar ?	
	Assimilador	Analisando (OR/CA)		Reflexivo-Teórico (RT)		O que ?
Conceituação Abstrata (CA)		Pensando (OR/CA/EA)	Teórico	Teórico (T)	Haverá muitas oportunidades para perguntar?	
	convergente	Decidindo (CA/EA)		Teórico-Pragmático (TP)		Como?
Experimentação Ativa (EA)		Agindo (CA/EA/EC)	Pragmático	Pragmático (P)	Haverá possibilidades de praticar e experimentar?	
	Acomodador	Iniciando (EA/EC)		Pragmático-Ativo (PA)		E Se ?
Ciclo completo		Balanceando (EC/OR/CA/EA)		ARTP		

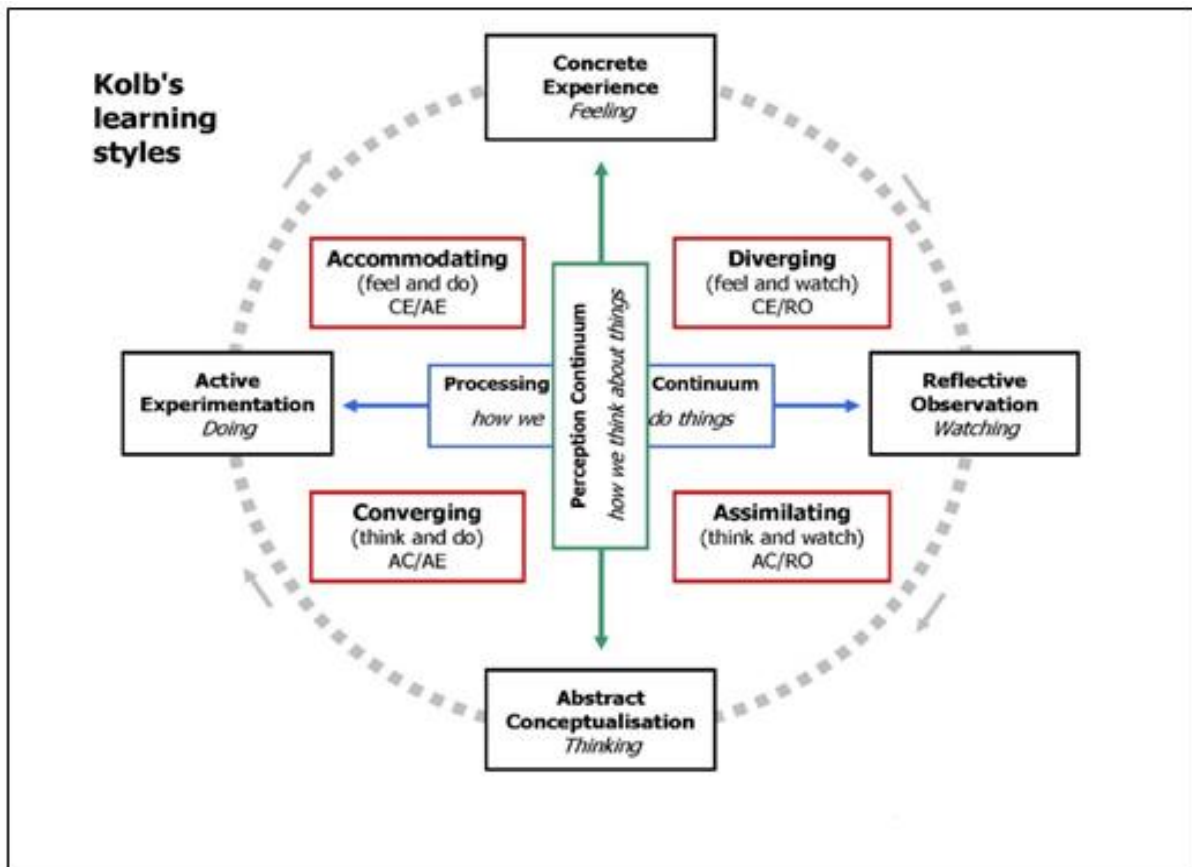
Fonte: o autor.

Este interesse observado no método ocorreu devido aos ciclos e estilos de aprendizagem apresentadas por Kolb (1984) e atualizadas em 2013, como se pode ver na Figura 5.

Conforme Kolb e Kolb (2017), o estilo convergente percebe a informação, por meio da conceituação abstrata e a processa ativamente na resolução problemas, tomada de decisões e aplicação em ideias práticas. Prefere priorizar os sentimentos e informações coletadas na tomada de decisões e apesar de ser de fácil relacionamento, as vezes parece exagerado na cobrança por resultados. O estilo divergente percebe as informações de forma sensorial e as processa de forma reflexiva. Apresenta grande capacidade de imaginação e desenvolve percepção de significados e valores, gosta de trabalhar em grupos, para gerar ideias, propor alternativas, analisar problemas, a partir de várias perspectivas, apresenta preferências para experimentar e refletir. O perfil assimilador processa as informações de maneira reflexiva, assim analisa, organiza e assimila partes da informação, para uni-las em um todo demonstrando

facilidade para criar modelos teóricos; gosta de trabalhar sozinho e apresenta preferências para refletir e pensar. O perfil acomodador percebe a informação, por meio da experiência concreta, as processa de forma ativa e apresenta preferências para fazer e experimentar; gosta de realizar, executar planos e envolver-se em novas experiências, age de forma impaciente e pressiona seus companheiros.

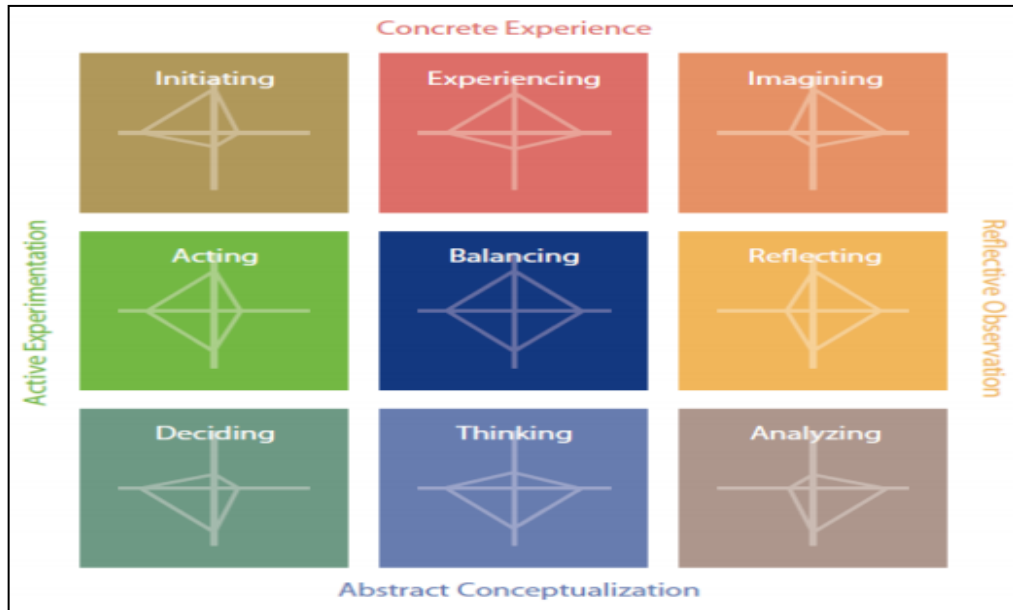
Figura 5: Ciclos e estilos de aprendizagem de Kolb.



Fonte: Coskun, Kayikci e Gençay (2019, p. 9).

Kolb e Kolb (2017) relatam ainda que estudos realizados ao longo dos anos, demonstram que os quatro tipos originais podiam ser refinados, de forma a reduzir as confusões observadas em casos localizados na região de intersecção entre os estilos. O Inventário de estilos de aprendizagem Kolb 4.0 (KLSI 4.0) definiu nove estilos que representam melhor os estilos de aprendizagem individuais, definidos como processos contínuos: Iniciando, Experimentando, Imaginando, Refletindo, Analisando, Pensando, Decidindo, Agindo e Balanceando.

Figura 6: Estilos de aprendizagem atualizado por Kolb.



Fonte: Adaptado de Kolb e Kolb (2017).

Os nove estilos básicos de aprendizagem da Figura 6, são assim definidos como:

- Iniciando (EA/EC), capacidade de iniciar ações para lidar com experiências e situações;
- Experimentando (EA/EC/OR), capacidade de encontrar significado, a partir do profundo envolvimento em experiências;
- Imaginando (EC/OR), capacidade de projetar pensamentos em possibilidades observando e refletindo sobre experiências;
- Refletindo (EC/OR/CA), capacidade de conectar experiências e ideias, por meio da reflexão sustentada;
- Analisando (OR/CA), capacidade de integrar ideias em modelos e sistemas concisos, por meio de reflexão;
- Pensando (OR/CA/EA), capacidade de envolver-se de forma disciplinada em raciocínio abstrato e raciocínio lógico;
- Decidindo (CA/EA), capacidade de usar teorias e modelos para decidir sobre soluções de problemas e definir ações;
- Agindo (CA/EA/EC), capacidade de motivar-se fortemente para a ação direcionada por objetivos que integram pessoas e tarefas;
- Balanceamento (EC/OR/CA/EA), capacidade de adaptar-se de forma a pesar os prós e os contras comparando as etapas Agindo *versus* Refletindo e, Experimentando *versus* Pensando.

Essa classificação possibilita entender melhor como cada indivíduo processa e reflete as informações obtidas e experiências vividas que alterarão a percepção de sua realidade a cada ciclo, de modo a possibilitar uma melhor evolução em sua aprendizagem vivencial.

Considera-se também que, conforme citado por Alonso, Gallego e Honey (2000), normalmente um estilo de preferência não é imutável, então o indivíduo deve desenvolver-se na maior quantidade de estilos possível e ser flexível para superar as diversas dificuldades encontradas em seu caminho pessoal e profissional. Desta forma, os indivíduos deverão passar por todas as etapas descritas, obrigatoriamente, e seu desempenho será cobrado em todas elas, porém deverá ser atribuído maior peso ao estilo dominante de cada indivíduo.

Ao final de cada período, deve-se verificar, novamente, os estilos de aprendizagem, conforme Kolb e Kolb (2017), com a aplicação do teste *Kolb Learning Style Inventor* (KLSI) e determinar se os indivíduos apresentam alguma mudança em seu comportamento inicial, visto que o indivíduo tenderá a modificar hábitos e preferências ao longo de sua vida, buscando balancear seu comportamento para atender suas necessidades pessoais.

A teoria de aprendizagem experiencial inspirou diversos estudos posteriores que trouxeram novas contribuições e auxiliaram seu desenvolvimento, como pode ser visto no Quadro 8, para propor um caminho que leve a seu melhor aproveitamento no ambiente de ensino.

É comum o uso da teoria de aprendizagem experiencial em estruturas para o *design* ativo, experiências de aprendizagem colaborativas e interativas no processo de transformação e ênfase sócio emocional nas atividades de aprendizagem em programas de engenharia, adaptados para a Indústria 4.0, conforme relatada por Coskun, Kayikci e Gençay (2019).

Ao final de cada ciclo, é necessário se reclassificar a equipe e dar *feedback* para promover a melhoria do grupo.

Como sugestão - ao concluir três ciclos - os alunos podem ser classificados por seu desempenho alcançado dentro de sua equipe e agrupados por desempenho equivalente em novos grupos para competirem entre si, em um *Quiz* de conhecimentos adquiridos. Esta ação apresenta uma das estratégias de motivação, atualmente discutidas em ambientes de trabalho, a gamificação.

Conforme Oliveira *et al.* (2015), em um nível mais simples, as interfaces podem ser projetadas graficamente, apenas para dar aos usuários a ideia de estarem em um jogo. Em um nível médio, as interfaces podem ser utilizadas para exibir a recompensa do usuário pela execução de uma tarefa, com base em seu desempenho e participação nos lucros e resultados. E, em um nível mais avançado, a gamificação poderia ser aplicada para ditar cada tarefa do

usuário, dentro de um jogo real projetado para o ambiente de trabalho; isto pode permitir a medição de sua eficiência e produtividade periodicamente.

Quadro 8: Principais contribuições à aprendizagem experiencial.

Ciclos de aprendizagem de Kolb (1984)	Estilos de aprendizagem de Kolb (1984)	Estilos de Kolb e Kolb (2013, 2017)	Estilos de Honey e Mumford (1986)	Estilos de Alonso, Gallego e Honey (2000)	Perguntas de Alonso, Gallego e Honey (1992)	Perguntas de McCarthy (1987)	Quadrantes de McCarthy (1987)	Ações de McCarthy (1987)
Experiência Concreta (EC)		Experimentando (EA/EC/OR)	Ativo	Ativo (A)	Vou aprender algo novo, desafiador ?		1 . 1	Conectar
	Divergente	Imaginando (EC/OR)		Ativo-Reflexivo (AR)		Por quê ?	1 . 2	Participar
Observação Reflexiva (OR)		Refletindo (EC/OR/CA)	Reflexivo	Reflexivo (R)	Terei tempo suficiente para analisar, assimilar e preparar ?		2 . 1	Imaginar
	Assimilador	Analisando (OR/CA)		Reflexivo-Teórico (RT)		O que ?	2 . 2	Informar
Conceituação Abstrata (CA)		Pensando (OR/CA/EA)	Teórico	Teórico (T)	Haverá muitas oportunidades para perguntar?		3 . 1	Praticar
	convergente	Decidindo (CA/EA)		Teórico-Pragmático (TP)		Como?	3 . 2	Extender
Experimentação Ativa (EA)		Agindo (CA/EA/EC)	Pragmático	Pragmático (P)	Haverá possibilidades de praticar e experimentar?		4 . 1	Refinar
	Acomodador	Iniciando (EA/EC)		Pragmático-Ativo (PA)		E Se ?	4 . 2	Explicar
Ciclo completo		Balanceando (EC/OR/CA/EA)		ARTP			Avaliar	

Fonte: o autor.

2 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o método de pesquisa empregado, detalhando protocolos, procedimentos e etapas de execução.

Em relação à natureza e objetivo, este estudo é classificado como aplicado e exploratório, visto que não há precedentes teóricos ou empíricos que tratam do objeto de pesquisa analisado – desenvolvimento de produto via inovação sustentável em empresa no setor de infraestrutura flexível – e espera-se gerar conhecimentos que possibilitem a resolução de problemas específicos, com aplicações práticas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Embora haja elementos comuns entre os métodos de estudo de caso, pesquisa-ação e *Design Science Research* (DSR), opta-se pela utilização do DSR como estratégia metodológica condutora desta pesquisa.

Esse método foi escolhido pela adequação de seus procedimentos ao objeto de estudo, uma vez que se trata de uma pesquisa de campo, por meio da observação e da interação que resulta em produto para posterior avaliação dos artefatos gerados pela pesquisa.

Hevner (2004) justifica o uso do DSR quando da existência das seguintes condições:

- O objeto do estudo constitui-se como um artefato, ou seja, trata-se de uma criação humana;
- A existência de um problema relevante, denotando a utilidade do conhecimento que será gerado;
- A utilização de procedimentos com o devido rigor científico para avaliar os artefatos produzidos;
- O artefato produzido para representar uma contribuição significativa para o campo do conhecimento ao qual se relaciona;
- O rigor da revisão da literatura que embasa e fundamenta o desenvolvimento de propostas que resultam no artefato representativo da solução;
- A eficiência no uso dos recursos empregados para o desenvolvimento da solução;
- A comunicação das soluções desenvolvidas, bem como dos resultados alcançados.

Uma forma de planejar e organizar a execução do DSR é visualizá-lo como um processo composto por diferentes e subsequentes etapas que produzem artefatos específicos. O Quadro 9 sumariza procedimentos e expectativas de artefatos que podem ser gerados em cada etapa do método.

Lacerda *et al.* (2013) sintetizam que na aplicação de DSR há a necessidade de adequada definição do problema a ser estudado; uma etapa para desenvolvimento do artefato,

levantamento de características e requisitos do artefato; etapa de teste, ajuste e adequação do artefato; e outra etapa de avaliação do artefato, que permite aferir se além de atender às necessidades do problema, também demonstra preocupação com o rigor na condução da pesquisa, conforme se observa no Quadro 10.

Quadro 9: Concepção do DSR.

ETAPA	DESCRIÇÃO
Conscientização do problema	Descrever de forma relevante e ampla o problema de pesquisa, traçando interfaces e relações com o contexto, inclusive externo
Ideação	Desenvolver uma ou mais alternativas de solução (artefatos) para o problema; evidenciar que não existe solução ótima para o problema, e o que está sendo proposto é uma solução satisfatória.
Desenvolvimento	Construir ambiente interno do artefato, algoritmos, modelos gráficos, maquetes, e o próprio artefato em estado funcional; em nível piloto
Demonstração do artefato	Analisar como o artefato se comporta no ambiente para o qual foi projetado, mostrando a relevância teórica e prática
Avaliação	Mostrar todas as etapas da pesquisa, processo de condução, justificativa das escolhas feitas, como avança o conhecimento e melhora dos sistemas organizacionais
Comunicação	Apresentar os resultados para a comunidade (o que foi feito, como foi realizado, implicações da pesquisa)

Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Miguel (2015).

A conscientização do problema ocorre, por meio de pesquisas bibliométricas sobre o tema Indústria 4.0 realizada nos repositórios internacionais de pesquisa *Scopus* e *Web of Science*. Seguida por análise bibliográfica, de natureza exploratória, realizada com as palavras chaves: *AR*, *Industry 4.0*, *Intelligent Maintenance* e *Smart Maintenance*; analisados no período compreendido entre 2000 e 2019, nas mesmas bases.

A ideação ocorre a partir de leituras e informações absorvidas ao longo da pesquisa, por meio de literatura específica, participação em cursos sobre o assunto e desenvolvimentos ocorridos durante as aulas, onde foi desenvolvido um arranjo experimental para criação de um protótipo.

Durante a fase de desenvolvimento foram pesquisadas as tecnologias disponíveis no mercado, escolha da tecnologia a ser desenvolvida, determinação dos requisitos para sua implantação, elaborada a modelagem dos elementos virtuais e gerado os testes de funcionalidade do artefato.

Na fase de demonstração do artefato, é realizado o teste de campo para observar como o protótipo se comporta no ambiente de aplicação; são sugeridas possíveis utilizações na área de aplicação e são apontados os comentários a respeito de sua relevância e limitações.

Quadro 10: A operacionalização do DSR.

Etapa de Condução	Saídas da DSR	Pontos a Explicitar
Conscientização	Proposta	<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar a situação problemática • Explicitar o ambiente externo e seus principais pontos de interação com o artefato • Explicitar as métricas e os critérios para a aceitação da solução do artefato (quando não for possível a obtenção de uma solução ótima) • Explicitar os atores que se interessam pelo artefato • Explicitar as Classes de Problemas, os artefatos existentes e suas limitações
Sugestão	Tentativa	<ul style="list-style-type: none"> • Explicitar as premissas e requisitos para a construção do artefato • Registrar todas as tentativas de desenvolvimento do artefato • Registrar as razões que fundamentaram a exclusão da tentativa de artefato do Desenvolvimento • Verificar possíveis implicações éticas da aplicação do artefato
Desenvolvimento	Artefato	<ul style="list-style-type: none"> • Justificar a escolha das ferramentas para o desenvolvimento do artefato • Explicitar os componentes do artefato e as relações causais que geram o efeito desejado para que o artefato realize seus objetivos • Explicitar as formas pelas quais o artefato pode ser testado
Avaliação	Medidas de Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> • Explicitar, em detalhes, os mecanismos de avaliação do artefato • Evidenciar os resultados do artefato em relação às métricas inicialmente projetadas • No caso de avaliações qualitativas do artefato, explicitar as partes envolvidas e as limitações de viés • Evidenciar o que funcionou como o previsto e os ajustes necessários no artefato
Conclusão	Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Sintetizar as principais aprendizagens em todas as fases do projeto • Justificar a contribuição do trabalho para a Classe de Problemas em questão

Fonte: Adaptado de Lacerda, Dresch, Proença e Antunes Júnior (2013).

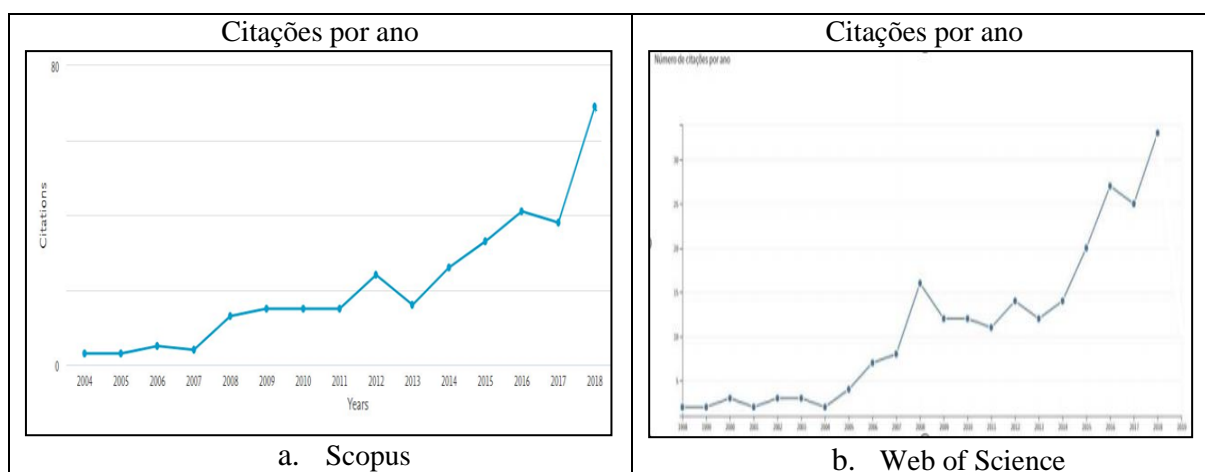
Na fase de avaliação, são realizadas as considerações com relação às interferências externas que podem causar alterações nos resultados esperados de forma a evitar que RA se torne apenas mais uma ferramenta visual aplicada ao processo. Considera-se então: a necessidade de identificação de personalidades, temperamentos e estilos de aprendizagem; a introdução de aprendizagem experiencial para trabalhos em equipe; e as adequações de melhorias, tanto no ambiente de aplicação quanto no artefato gerado. Utiliza-se, para tanto, a aplicação de questionários eletrônicos, adota-se um método de formação de equipes psicossocialmente compatíveis e realizam-se adequações ao ambiente, às relações humanas, à aprendizagem, ao local de aplicação e aos equipamentos, ferramentas e insumos necessários.

E, por fim, na fase de comunicação, apresentam-se os resultados obtidos durante o desenvolvimento do experimento realizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma pesquisa bibliométrica foi realizada nas bases *Scopus* e *Web of Science (WOS)*, no início deste trabalho, como mostra a Figura 7, a qual apresenta o número de citações por ano. Revelou que o tema “RA” ganha cada vez mais notoriedade, com grande potencial para aplicações educacionais com a possibilidade de melhorias significativas para o processo ensino-aprendizagem.

Figura 7: Quantidade de citações por ano para RA nas bases Scopus (a) e WOS (b).



Fonte: o autor.

Observou, então, a necessidade de realizar uma imersão neste mundo e conhecer a fundo as tecnologias emergentes utilizadas para desenvolvimento de RA para aplicação em Manutenção Industrial. Deu-se, assim, início ao processo de aprendizagem RA, onde obteve-se conhecimentos básicos, gerais e específicos, por meio de participação em cursos voltados ao assunto.

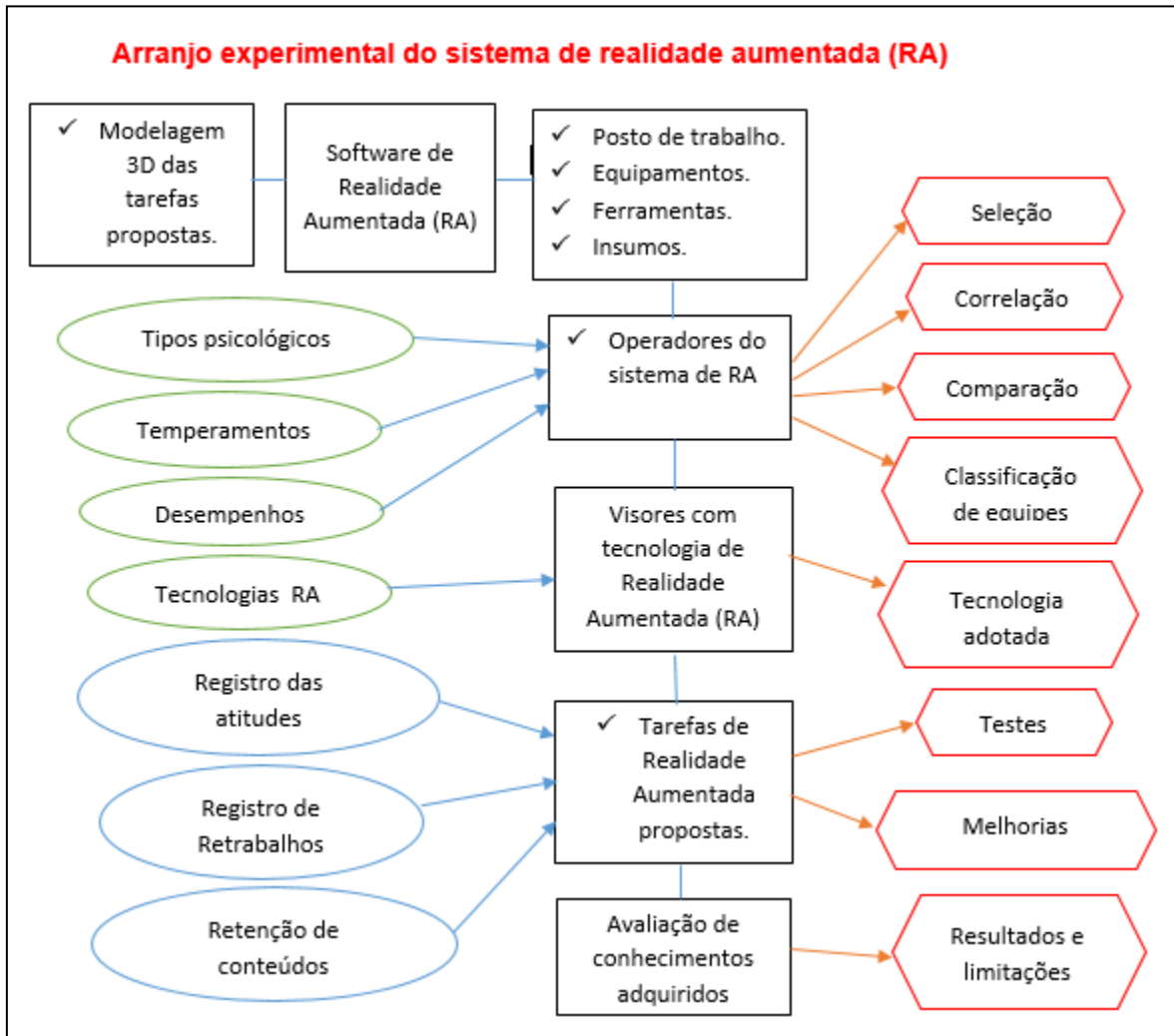
Durante este processo, novas pesquisas bibliográficas foram realizadas para suprir as perguntas que surgiram em meio a diversos aspectos observados no decorrer da pesquisa.

Com relação à Indústria 4.0, detectou-se a necessidade de desenvolver recursos humanos 4.0 para atuação no mercado, ou seja, realizar a adaptação da aprendizagem atual às necessidades do trabalho coletivo em ambientes que permitam o contato com as novas tecnologias emergentes (RA, no caso), que desenvolvam conhecimentos específicos, transversais e multidisciplinares que atuem em equipes multifuncionais e desenvolvam as habilidades comportamentais necessárias.

Com base nestas informações, foi elaborado um arranjo experimental para criação de um protótipo elaborado para a aplicação de RA em tarefas práticas de manutenção, o qual pode

ser observado na Figura 8, que possa satisfazer tais condições pelo menos de forma parcial, visto que esta iniciativa é sem precedentes.

Figura 8: Arranjo experimental para desenvolvimento do protótipo.



Fonte: o autor.

Inicialmente, interferências e testes previstos no arranjo experimental foram atribuídos por inferências dedutivas, indutivas e conhecimentos empíricos. Assim, o protótipo foi sendo refinado ao longo do processo com o amadurecimento dos conhecimentos adquiridos e por comprovações obtidas por meio de observações e testes aplicados na amostra de pesquisa, formada por 26 indivíduos matriculados no terceiro semestre de um curso técnico profissionalizante, na disciplina de Manutenção industrial.

3.1 Tecnologia, requisitos e instalação de RA

Considerando que o operador do sistema RA no ambiente de Manutenção Industrial não realiza tarefas em um ponto fixo, mas em diversas localizações da planta; o sistema adequado deverá permitir a sua locomoção para os locais de intervenção. Os primeiros estudos apontaram para a implantação de um sistema de RA Móvel, com disponibilidade de monitor, câmera de vídeo, GPS, acelerômetro, giroscópio, magnetômetro e dispositivo de áudio; recursos normalmente presentes em um *smartphone* ou *tablet*.

Um dispositivo de MAR necessita reconhecer o movimento do usuário. A tecnologia geral que permite este reconhecimento é chamada Localização e Mapeamento Simultâneo ou *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM), que requerem hardware de coleta de dados, como: câmeras, sensores de profundidade, sensores de luz, giroscópios e acelerômetros.

Para um RA baseado em localização, é necessário, também, a utilização de um Magnetômetro que forneça uma orientação simples relacionada ao campo magnético da Terra e um GPS que forneça informações de localização geográfica e de tempo, captados por um receptor acoplado ao dispositivo de visualização. Após a definição do ambiente virtual, é necessário definir a cena, o que se faz utilizando uma *Game Engine*.

Uma *Game Engine* é um programa de computador, ou conjunto de bibliotecas, que serve para facilitar o trabalho de criação de jogos eletrônicos e outros tipos de aplicação como RA, simplificando o desenvolvimento dos seus respectivos códigos de programação. Se faz necessária para proporcionar o ambiente e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo, onde se utiliza uma biblioteca de programas específicos para realizar as diversas ações necessárias ao desenvolvimento de RA, os chamados SDK.

Para este trabalho, definiu-se a plataforma SDK *ARCore* (*open source/free*) para o desenvolvimento do aplicativo RA necessário à experiência de usuário, dentre as diversas opções disponíveis que dependem dos requisitos de projeto para determinar sua utilização. Trata-se de uma ferramenta para o desenvolvimento de aplicativo e de visualização de RA para a plataforma Windows com dispositivo Android.

Para o *Game Engine*, foi escolhido o *Unity Engine* que possui um módulo específico de aplicação para pacote de aplicativos *ARCore*, além de ser o mais popular e utilizado no Brasil.

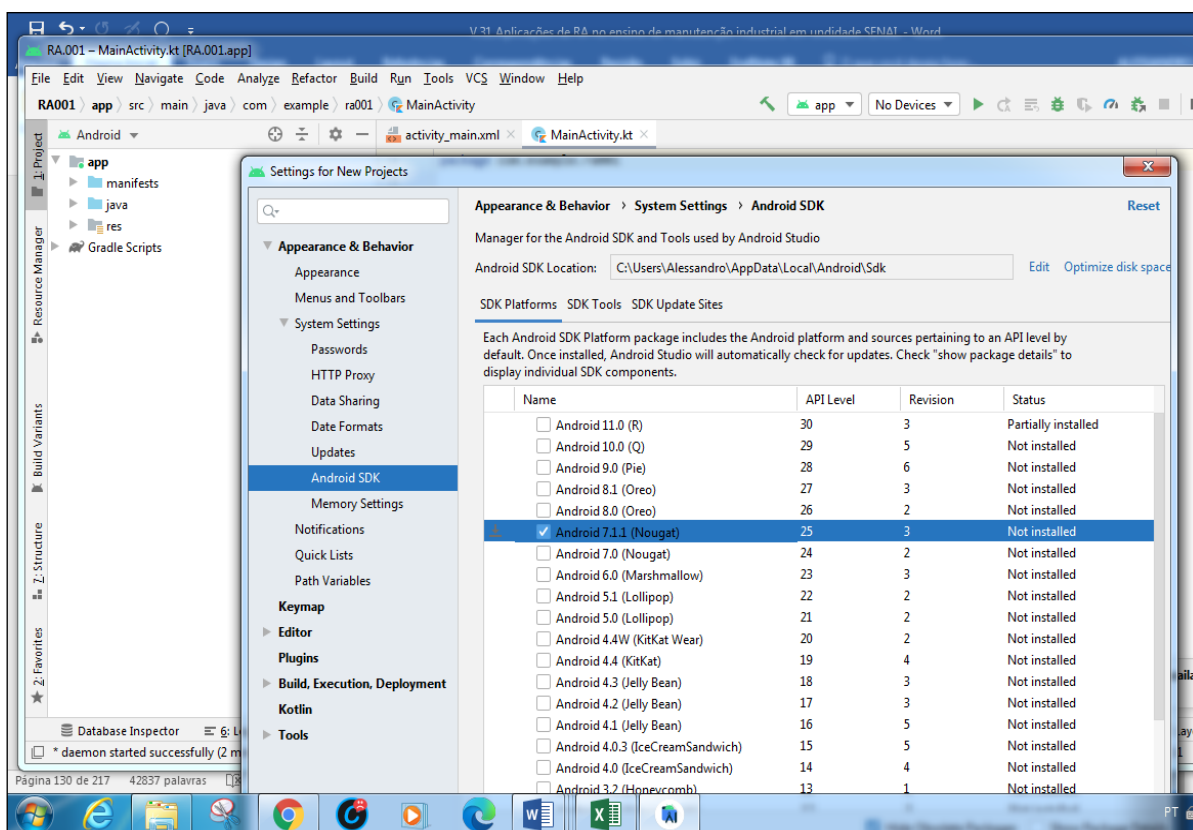
Os requisitos básicos para o desenvolvimento do aplicativo *ARCore for Unity*, são:

- Um dispositivo móvel compatível com *ARCore* (Anexos 3, 4 e 5);
- Um cabo USB para conectar seu dispositivo à máquina de desenvolvimento para compartilhamento de dados.

Os Softwares recomendados são:

- *Unity hub* (plano a escolher);
- *Unity 2019.4.1 f1* ou posterior, com o *Android Build Support* durante a instalação. Para a versão 2019, os seguintes pacotes do *Unity* são necessários: *Multiplayer HLAPI* e *XR Legacy Input Helper*, que podem ser inseridos durante o uso do *Unity*, diretamente no projeto, no desenvolvimento do aplicativo;
- *ARCore SDK* para *Unity 1.23.0* ou posterior;
- *Android Studio* versão 4.1.0;
- *Android SDK 7.0* (API de nível 24) ou posterior, instalado por meio do uso do *SDK Manager* no *Android Studio* (Figura 9);
- *Android NDK tools* (Native Development Kit) instalado no *android studio*;
- *Java JDK 1.8*, versão 1.8.0_271 (*Java Development Kit*);
- *Gradle 5.6.4* ou posterior.

Figura 9: Instalação do Android SDK 7.1.1.



Fonte: o autor.

Para realizar a instalação de pacotes de dados é necessário abrir o *Unity Hub*, clicar em “*Install*” e “*add modules*” e, em seguida, marcar as opções desejadas. Para este projeto

desenvolvido na plataforma Windows, selecionou-se os seguintes pacotes: *Microsoft Visual Studio*; *Android Build Support*, *Android SDK / Native Development Kit (NDK) tools* e *Open JDK*. Após as seleções, clicar em “*Done*” para instalar.

Para criar um novo projeto 3D, é necessário clicar em “*New*”, selecionar o pacote *Unity 2019.4* desejado, marcar o *template 3D*, nomear o projeto, selecionar o local para salvar o projeto e clicar em “*Create*”.

Após abrir o programa, apenas no *Unity 2019*, selecionar: *Window > Package Manager > install packages* e instalar os programas:

- *Multiplayer HLAPI* (exigido pela amostra *CloudAnchors*);
- *XR Legacy Input Helpers* (exigidos pelo *Instant Preview*, que usa o *TrackedPoseDriver*).

Importe o *ARCore SDK* para *Unity*, por meio da seleção dos itens “*Assets, Import Package e Custom Package*”. Em seguida, selecione a pasta de arquivo “*arccore-unity-sdk-1.23.0. unity package*”, baixado em arquivos de programas, para instalação. Na caixa de diálogo, certifique-se de que todas as opções de pacote estejam selecionadas e clique em importar.

O próximo passo é mudar a plataforma de trabalho de PC para Android; deve-se, assim, clicar na aba superior em *File, Project Settings*. Ao abrir a janela *Project Settings*, selecione-se, então, a opção Android e clique em *Switch Platform*.

Na janela *Project Settings*, clicar em *Player Settings* para selecionar configurações do projeto RA. Esta ação abrirá outra janela *Project Settings* com novas opções de configuração. Selecione *Player* e realizar as seguintes mudanças:

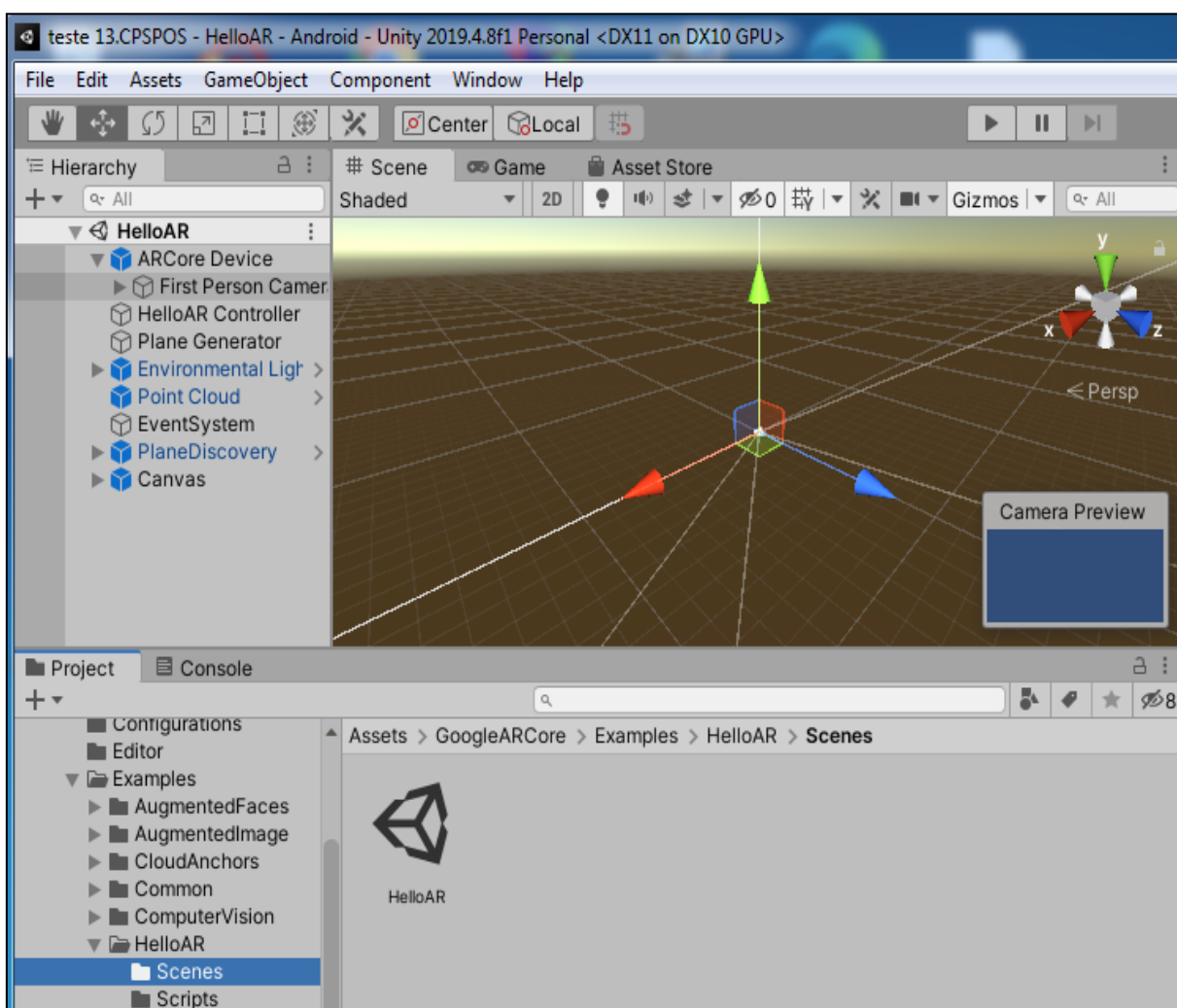
- em *Renderização*, desmarcar *API de gráficos automáticos* e se a opção *Vulkan* estiver listado em *APIs de gráficos*, remova-o;
- em *Renderização Multithread*, selecionar esta opção apenas para usar a *renderização multithread*;
- em nome do pacote, criar uma identificação do aplicativo exclusivo com um formato de nome aceito pelo pacote Java;
- em *Back-end de script*, considerar que ao construir para dispositivos de 64 bits, será necessário marcar o *Back-end de Scripting* como *IL2CPP*;
- em arquitetura alvo, para construir para dispositivos de 64 bits, selecionar *ARM64* (requer *back-end de script* definido como *IL2CPP*);
- em nível mínimo de API, selecionar *Android 7.0 'Nougat'* (API de nível 24) ou superior. Para aplicativos opcionais de AR, o nível mínimo de API é 14;

- certifique-se que, em *XR Settings*, *ARCore Suportado* esteja marcado, caso contrário, habilite esta opção.

Na próxima etapa, deve-se montar o aplicativo com um conjunto de pacotes com diferentes finalidades. Para facilitar o trabalho e realizar os testes de funcionalidade, o pacote *ARCore* vem com um exemplo chamado HelloAR (Figura 10) que pode ser habilitado ao utilizar a seguinte ordem: *Assets/GoogleARCore/Examples/HelloAR/Scenes*. Em seguida, posicione o cursor sobre o ícone HelloAR na aba *Project*, então basta clicar 2 vezes para habilitá-lo ou clicar na opção *Open* da janela *Inspector*.

Neste momento, os objetos modelados em *Softwares 3D* são incluídos na área de trabalho do *ARCore for Unity* para serem trabalhados, no que diz respeito a todas as atividades necessárias à execução das ações que serão visualizadas durante a experiência do Usuário.

Figura 10: Habilitação do HelloAR.



Fonte: o autor.

Ao término desta etapa, deve-se retornar em *Build settings* e clicar em *Add Open Scenes*, para que a cena certa seja adicionada; esta deve estar selecionada na janela *Scenes* na guia geral.

Para habilitar o dispositivo móvel, a fim de executar as aplicações de RA, consulte a tela “Opções do Desenvolvedor” que está disponível por padrão, no Android 4.1 e em versões anteriores. No Android 4.2, e em versões mais recentes, é necessário ativar esta tela de forma manual.

Para ativar as opções do desenvolvedor, toque em Número da Versão de 4 a 7 vezes; este procedimento dependerá do aparelho utilizado. Neste caso, o Android Samsung A31 utilizado, necessitou de 5 toques.

Observa-se que em cada versão do Android, esta opção pôde ser encontrada em um dos seguintes locais:

- Android 9 (API de nível 28) ou mais recente: Configurações, sobre o dispositivo, Número da versão;
- Android 8.0.0 (API de nível 26) e Android 8.1.0 (API de nível 26): Configurações, sistema, sobre o dispositivo, número da versão;
- Android 7.1 (API de nível 25) e anteriores: Configurações, sobre o dispositivo, Número da versão.

Na parte superior da tela em Opções do desenvolvedor, é possível ativar e desativar essas opções, mas é recomendável deixá-las ativas durante todo tempo de desenvolvimento, pois quando não estão desativadas, somente as opções que não exigem comunicação entre o dispositivo e seu computador de desenvolvimento ficam disponíveis.

Após habilitar a opção de desenvolvedor e a depuração USB, em um dispositivo móvel. Sigas as seguintes instruções:

- selecione a guia de hierarquia a opção *First Person Camera*;
- conecte o dispositivo móvel ao seu equipamento de desenvolvimento (PC);
- clique em *File, Build Settings*;
- abra a janela *Build Settings*;
- clique em *Run ou Build Run* (para instalação no dispositivo móvel).

Então, o *software Unity* criará seu projeto em um formato *Android Package Kit (APK)* e irá instalá-lo em seu dispositivo de desenvolvimento, no qual poderá ser visualizado por meio do dispositivo móvel para testes de funcionamento e ajustes.

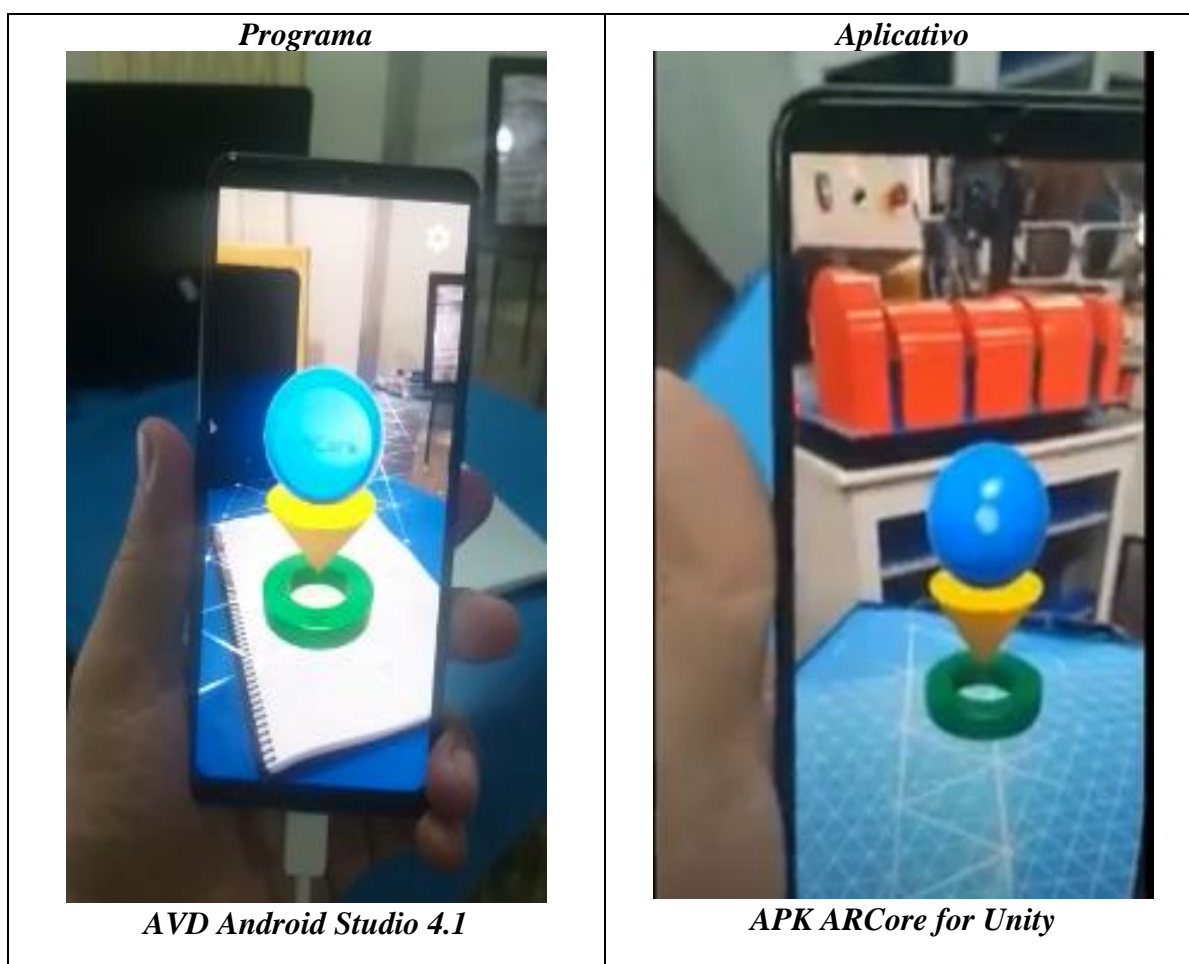
No momento do rastreamento de planos, deve-se mover o dispositivo utilizado de forma vagarosa e constante pela cena até que o *ARCore* comece a detectar e a visualizar os planos de ancoragem. Então, ao tocar sobre a superfície de um plano detectado, na tela do dispositivo

móvel utilizado (celular ou *tablet*), pode-se posicionar um objeto 3D ancorado a ele para utilizá-lo na experiência de usuário.

Desta forma pode-se visualizar os elementos virtuais criados para a experiência de usuário, executar testes e realizar os ajustes necessários.

Posteriormente o projeto APK finalizado pode ser aberto no programa Android Studio para interação com o usuário durante a experiência RA, como mostra a Figura 11, o qual deve utilizar um dispositivo móvel ou um emulador para visualizar o projeto desenvolvido e, posteriormente, gerar o aplicativo no dispositivo móvel em formato compatível.

Figura 11: Testes de desenvolvimento.



Fonte: o autor.

Espera-se, com este desenvolvimento, poder proporcionar suporte aos instrutores, de forma fácil e ágil, em tarefas como disponibilização de dispositivos, máquinas, instrumentos e ferramentas. Permitindo assim, que estes possam dedicar mais tempo a práticas de arguição, explicação, demonstração e mediação do ensino.

3.2 Aplicação de RA em manutenção industrial

Dentro das práticas realizadas no curso técnico em atividades de manutenção industrial, observou-se a possibilidade de desenvolver quatro formas de aplicação RA, identificadas aqui como modalidades.

A primeira modalidade foi denominada como “modelagem 3D para montagem e desmontagem”, onde são utilizados os objetos 3D animados, visualizados por meio de aplicativo RA sobre uma superfície plana. Tem por objetivo estudar e entender a correta ordem de montagem e desmontagem de componentes, os quais são constituintes das máquinas e equipamentos específicos, de forma a possibilitar a realização assertiva de uma tarefa determinada durante a experiência de usuário.

A segunda modalidade foi chamada de “procedimentos para troca de componentes”, onde se adotam os recursos RA para separar os conjuntos que fazem parte de uma máquina de forma interativa com o objetivo de visualizar a descrição passo a passo para a troca de componentes por conjunto, de forma isolada das demais. A cena de RA se apresenta sobreposta ao equipamento real e o usuário interage com um clique sobre os conjuntos, aumentando objetos e acessando os procedimentos pré-determinados que devem ser seguidos para a correta troca de cada componente, atendendo aos cuidados técnicos exigidos para sua reposição.

A terceira modalidade foi chamada de “vídeo-demonstração”, onde se adota a visualização sobreposta a cena real, de um vídeo para demonstração específica sobre algum item criado com o objetivo de obter orientação prática em campo. Tal situação possibilita, também, a utilização de opções que permitam ser selecionadas no visor do dispositivo para efetuar a reprodução da informação, retrocedê-la quando necessário e retomar a visualização de modo interativo, conforme a necessidade do usuário durante a imersão.

E a quarta modalidade foi denominada como “Instruções para averiguações de campo”, onde se adota um *checklist* de inspeção com os procedimentos e ações sobrepostos à cena real, com ou sem o uso de áudio orientação. Tem como finalidade realizar a interação do usuário RA com os itens a serem inspecionados, localizados em locais ou em conjuntos específicos, além de permitir o acesso a informações técnicas disponíveis nos manuais de máquina. Assim, ao acessar a experiência RA, o usuário é orientado por um procedimento pré-determinado passo a passo e desta forma evita-se que o mesmo esqueça de realizar qualquer etapa do procedimento ou as realize de maneira incorreta, prevenindo erros e evitando danificar o equipamento e/ou componentes.

Vislumbra-se ainda outras aplicações possíveis, como apresentação de equipamentos novos, utilização correta de instrumentos, procedimentos para instalação de elementos de máquina, e cuidados com a segurança, os quais não serão abordados neste trabalho.

Para fins de utilização em ensino técnico, considerou-se que os HHDs são os mais indicados para aplicação em curso técnico profissionalizante, pois dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* são tecnologias que já fazem parte da vida cotidiana dos alunos, os quais já o utilizam e, por esta razão, já conhecem seu manuseio e suas interfaces. Além disso, em comparação com os HMDs, o valor de aquisição e manutenção é muito mais atrativo e observa-se, atualmente, a existência de uma infinidade de dispositivos compatíveis com a tecnologia RA (Anexos 3, 4 e 5).

Com a finalidade de realizar testes de aplicação RA, adotou-se a modalidade “Instruções para averiguações de campo” para simular as execuções de manutenção realizadas neste trabalho. Abordou-se então a prática de execução de alinhamento de eixos colineares, o qual é responsável por realizar de forma harmônica, a transmissão de potência entre diferentes equipamentos interligados por meio de acoplamentos.

O desalinhamento ocorrido entre eixos interligados gera o surgimento, ou o aumento do atrito provocado durante o contato relativo entre as partes móveis dos elementos envolvidos na transmissão, causando a elevação de calor, desbalanceamento e vibração.

A execução de alinhamento de eixos colineares mostra-se como tarefa de grande importância para diversos ramos de atividades industriais, de modo que seu desenvolvimento passa por diversas etapas e ações procedimentais para sua correta manutenção.

Buscou-se, então, simular as ações necessárias para verificação de pé-manco (Figura 12) e de excentricidade entre o flange do acoplamento e o eixo (Figura 13), por se tratarem de itens geralmente envolvidos no problema.

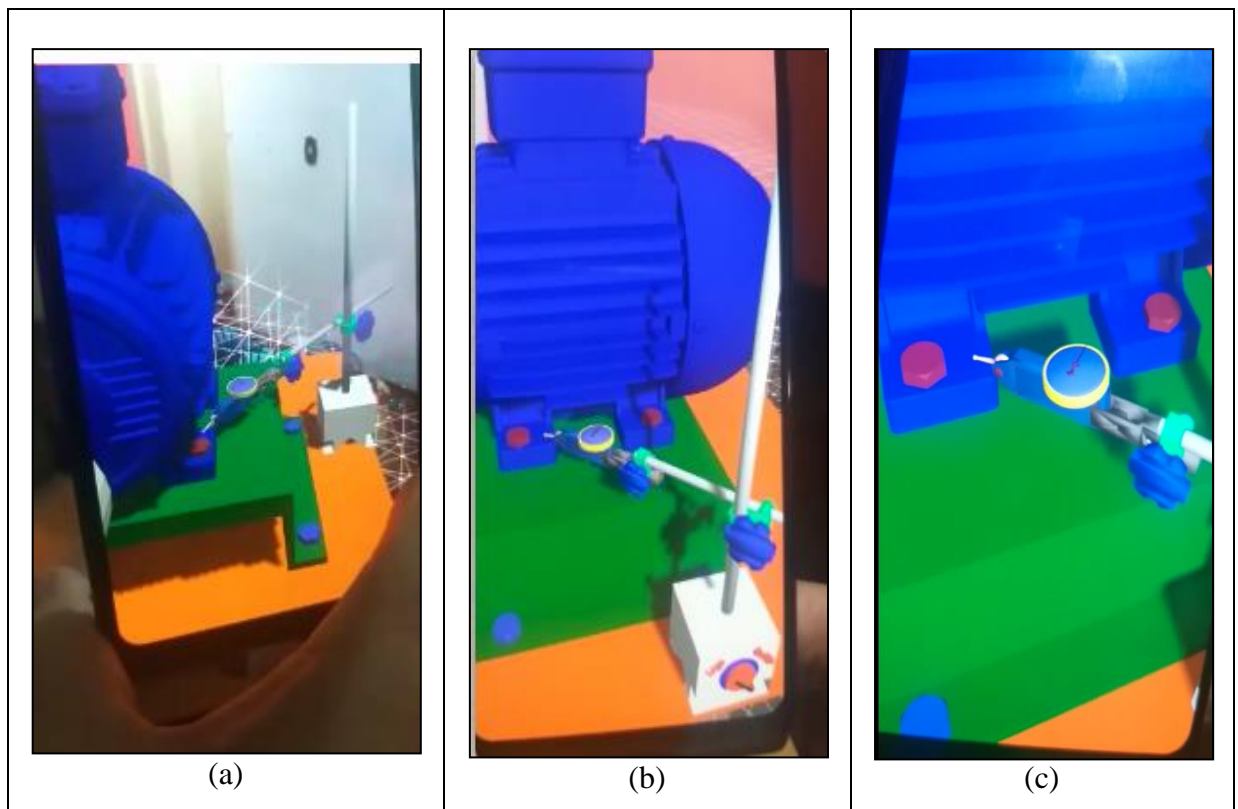
O efeito chamado de pé-manco se dá quando um dos pés da máquina não está totalmente apoiado sobre a superfície de apoio. No momento em que o apoio da face inferior do pé ocorre de forma desigual e é forçado por um elemento de fixação, ocorrem tensões residuais na carcaça do equipamento ou um efeito mola tensionada, situações que tornam quase impossível o alinhamento preciso do equipamento.

A ação de verificação de Pé-manco, consiste das seguintes ações:

- 1- Realizar o aperto dos parafusos na sequência cruzada;
- 2- Posicionar a base magnética sobre uma superfície metálica na base do equipamento;
- 3- Acionar a chave magnética do suporte para relógio apalpador;
- 4- Fixar o relógio comparador na garra de fixação do suporte;

- 5- Posicionar o suporte regulável da base magnética com relógio apalpador, ao lado do pé na posição 1 (pré-definida);
- 6- Realizar o posicionamento e a aplicar uma pré-carga na haste móvel do relógio apalpador sobre o pé 1;
- 7- Posicionar a escala de marcação do visor na posição zero;
- 8- Soltar o parafuso que fixa o pé 1, com cuidado para não colidir, a ferramenta com o relógio;
- 9- Anotar a leitura observada no mostrador do relógio apalpador;
- 10- Repetir os passos de 1 a 7 para os outros três pés;
- 11- Caso se detecte o pé-manco, realizar sua correção adicionando calços sob o pé identificado;
- 12- Verificar novamente todos os pés e corrigi-los, caso seja necessário.

Figura 12: Testes de aplicação RA para verificação de Pé-manco.



Fonte: o autor.

Na Figura 12, pode-se observar a visão geral RA de posicionamento do relógio apalpador na base magnética (a), o posicionamento da base magnética sobre o equipamento (b) e o detalhe de posicionamento da haste móvel do relógio (c).

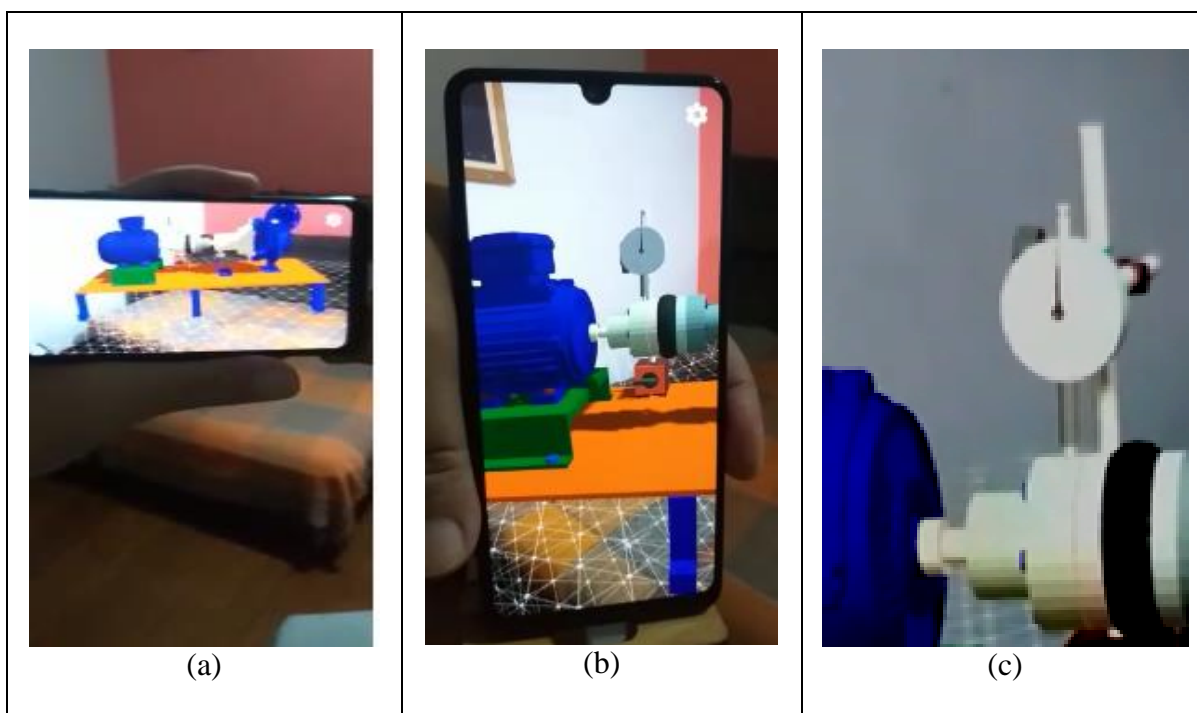
A excentricidade dos flanges causa desbalanceamento, aumenta a vibração no conjunto e prejudica fixações, uniões, rolamentos e vedações. Assim, para a ação de verificação de excentricidade entre os flanges do acoplamento e seu respectivo eixo, considera-se a necessidade da realização das seguintes etapas:

- 1- Limpar o equipamento;
- 2- Desmontar os elementos de proteção e união dos acoplamentos;
- 3- Retirar as partes móveis utilizadas para interligação dos acoplamentos;
- 4- Posicionar o suporte regulável para relógio comparador com base magnética, sobre uma superfície metálica na base do equipamento;
- 5- Acionar a chave magnética do suporte para relógio comparador;
- 6- Fixar o relógio comparador na garra de fixação do suporte;
- 7- Realizar o posicionamento e a aplicar uma pré-carga correspondente a uma deflexão de 1 mm na haste móvel do relógio comparador;
- 8- Girar o eixo e observar o deslocamento do ponteiro no mostrador do relógio comparador;
- 9- Anotar os resultados observados durante a realização do procedimento em formulário adequado;
- 10- Caso seja detectada uma excentricidade maior que 0,05 mm, deve-se verificar a possibilidade de empenamento do eixo do equipamento. Para isto deve-se retirar a flange e realizar novamente as etapas de 6 a 8, posicionando o relógio comparador sobre a ponta do eixo;
- 11- Caso o empenamento do eixo se confirme deve-se desmontar o equipamento para manutenção de seus componentes;
- 12- Caso se confirme a excentricidade nos flanges, ou seja, o deslocamento do furo de centro, deve-se realizar a restauração ou troca do mesmo.

Pode-se observar na Figura 13, o posicionamento dos elementos virtuais ancorados sobre as malhas de rastreamento de planos (a), o posicionamento do relógio comparador sobre a base do equipamento (b) e o contato da haste móvel do relógio comparador sobre o flange do acoplamento (c).

A visualização RA de elementos virtuais no ambiente real, realizada por meio do dispositivo móvel, pode facilitar os processos de treinamento técnico na demonstração das tarefas que requerem a preparação de grande quantidade de materiais, insumos e equipamentos, dando flexibilidade aos instrutores e permitindo que sejam realizadas demonstrações diversificadas, para diferentes equipes, em um curto espaço de tempo.

Figura 13: Testes de aplicação RA para verificação de Excentricidade.



Fonte: o autor.

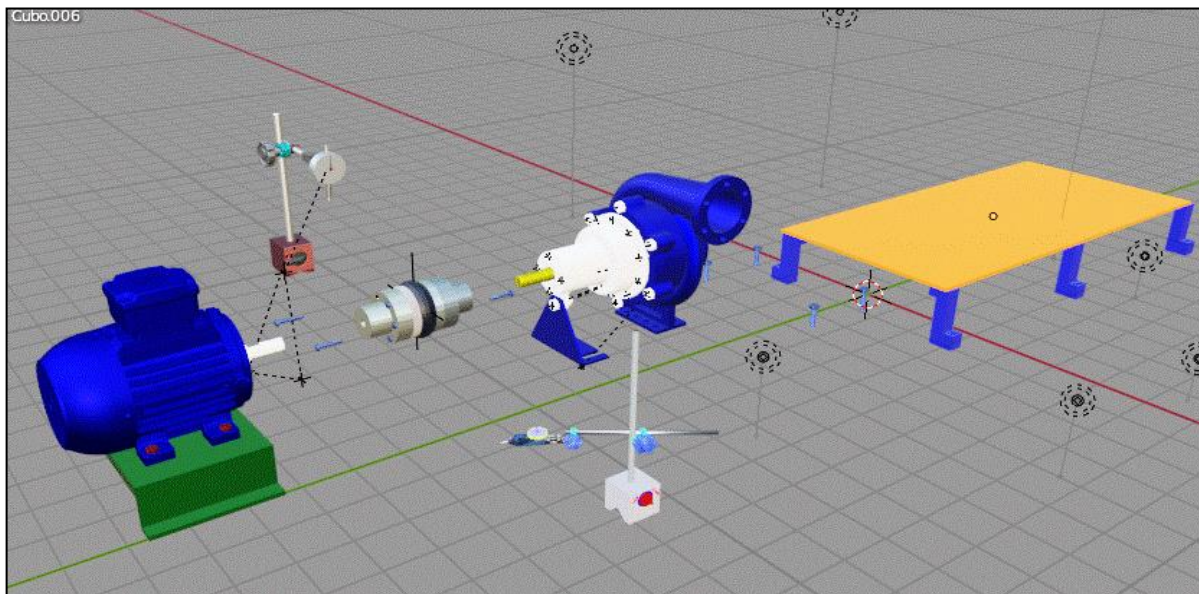
3.3 Modelamento de elementos virtuais para as tarefas de manutenção

Definida as tarefas de manutenção RA, seguiu-se a modelagem 3D dos elementos virtuais. Assim foram modelados e renderizados, os seguintes itens: base de apoio, suporte de apoio, base magnética, suporte regulável, parafusos e acoplamentos. Utilizou-se para este fim o *software Blender* versão 2.82 (Figura 14), criando assim os elementos virtuais que fazem parte do projeto de execução RA para as tarefas de manutenção apresentadas.

Já os equipamentos e acessórios que fazem parte deste projeto, como a bomba centrífuga, o motor, relógio comparador, relógio apalpador e as chaves de aperto, foram baixados na biblioteca de modelos *Grabcad* em formato *SLDASM do Solidworks*, convertidos para o formato *FBX*, utilizando o aplicativo *CAD Exchange*. Em seguida foram inseridos na tarefa RA do *Blender* para serem modificados conforme as necessidades do projeto e adicionados à cena do *ARCore for Unity*. Reduzindo, assim, a quantidade de tarefas de modelagem necessárias para o desenvolvimento da cena.

Iniciou-se então a elaboração da cena RA no ambiente de desenvolvimento *Unity* com o *SDK ARCore*. Nele foram realizadas as alterações das configurações, carregados os objetos 3D modelados, criados os *prefabs*, editados os *Scripts* e aplicados os efeitos físicos responsável pelos movimentos necessários para simular as tarefas previstas, passo a passo.

Figura 14: Elementos modelados para a primeira aplicação de RA.



Fonte: o autor.

Ao final da elaboração da cena RA, foi criado um aplicativo para plataforma Android, o projeto foi salvo em um dispositivo de desenvolvimento (computador) e visualizado por meio de um dispositivo móvel (celular), o qual permitiu o rastreamento de planos para a geração de pontos de ancoragem sobre uma superfície plana, onde foi fixado o objeto aumentado para iniciar a experiência RA.

Testes de campo para verificação de usabilidade passaram a ser realizados, analisando itens como mapeamento de planos, ancoragem, nitidez, oclusão e acessibilidade.

A tecnologia RA adotada levou em consideração o baixo custo de aquisição de *softwares* necessários, de dispositivos móveis disponíveis e o uso de uma plataforma de desenvolvimento já conhecida. Adotou-se os seguintes recursos: *SDK ARCore*, *Game Engine Unity*, Sistema Operacional Windows, e *smartphone* compatível com sistema Android (de preços mais acessíveis e grande número de usuários no mercado brasileiro) para aplicações em tarefas práticas de Manutenção Industrial.

Estas ideias possibilitam o surgimento de serviços de autoria para RA, o qual requer competências e conhecimentos técnicos específicos, além do domínio de programação, *softwares* de modelamento 3D, SDK AR e *Game Engine*. Permitindo a abertura de um novo mercado de trabalho que poderá ofertar produtos virtuais, serviços de apoio e consultorias a serem disponibilizados futuramente para o mercado.

3.4 Formação de equipes para ambientes 4.0

Com o objetivo de minimizar os conflitos sócio afetivos, no trabalho em equipe, que envolvem situações de incompatibilidade interpessoal entre os membros da amostra em estudo, foi desenvolvida a utilização de um método para realizar a identificação dos tipos psicológicos compatíveis e incompatíveis, por meio de uma análise pareada de dados que utiliza, como base, um processo de comparação e atribuição de pontos pré-definidos.

Para isso, os alunos foram instruídos a responder o questionário eletrônico para identificação dos tipos psicológicos MBTI, acessado pelo endereço eletrônico <https://www.16personalities.com/br/teste-de-personalidade> e, posteriormente, tabulados.

Na seleção de equipes para atuação no ambiente 4.0, observa-se que um ensino transformador, capaz de permitir a reconstrução de conhecimentos, necessita tomar ciência de aspectos não explícitos em um processo de ensino e aprendizagem, e isso implica considerar como o aluno é capaz de aprender, ajudando-o a gerenciar seu modo de aprendizagem na construção de novos conhecimentos e capacitando-o a utilizar seus potenciais ao máximo. Para isso, é necessário desvendar seus interesses, necessidades e estilos de aprendizagem, providenciar um ambiente acolhedor e minimizar os conflitos sócio emocionais no ambiente de ensino.

Assim, na presente pesquisa adotou-se observar como esses conflitos podem ocorrer e afetar os resultados da interação RA; isto foi feito a partir da análise de tipos psicológicos e temperamentos identificados para propor uma forma de minimizá-los no ambiente de aprendizagem. É senso comum que uma equipe mais eficaz requer uma boa combinação de tipos de personalidade, de maneira que os diferentes tipos possam se complementar de forma cooperativa. Também deve ser levado em consideração que incompatibilidades entre as personalidades, podem promover discordâncias e dificultar a realização de tarefas conjuntas.

Os estilos de aprendizagem, que também são considerados, se servem de diferentes práticas em um ciclo de aprendizagem contínua e espiral, adaptados para um ambiente de ensino colaborativo de forma a respeitar os diferentes tipos psicológicos e de temperamentos no ambiente de ensino. Assim foi também realizada a aplicação do teste KLSI, acessado pelo endereço <http://www.cchla.ufpb.br/ccmd/aprendizagem/> (Anexos 1 e 2) e, posteriormente, tabulados. Então, comparou-se os estilos de aprendizagem e os onze diferentes tipos psicológicos identificados na pesquisa realizada entre os alunos da turma em estudo. Para este fim, optou-se por realizar a comparação, relatada por Kolb, entre os conceitos Junguianos e os quatro modos de aprendizagem experiencial.

Assim, foram identificados 11 diferentes tipos psicológicos, obtidos por meio do teste realizado por 26 alunos do curso técnico de eletromecânica, na disciplina de manutenção, no mês de fevereiro de 2020. Foram identificados os tipos: ENFP, ENTJ, ESFJ, ESFP, ESTJ, INFJ, INFP, INTJ, ISFJ, ISFP e ISTP.

Tabela 1: Resultados do teste MBTI aplicado.

TIPOS	QUANT.	CLASSIFICAÇÃO <i>MYERS E BRINGS</i>	INFJ	5	Advogado
ENFP	1	Ativista	INFP	2	Mediador
ENTJ	1	Comandante	INTJ	2	Arquiteto
ESFJ	4	Cônsul	ISFJ	3	Defensor
ESFP	2	Animador	ISFP	4	Aventureiro
ESTJ	1	Executivo	ISTP	1	Virtuoso
EXTROVERTIDOS			INTROVERTIDOS		

Fonte: o autor.

Considerou-se que na tabela de relacionamento de trabalho em equipe (Tabela 2) foram utilizados os critérios qualitativos: incompatíveis pontuado com 0 (zero), baixo relacionamento 6, satisfatório 12, médio 18, bom 24, ótimo 32, totalmente compatíveis 36. A ação permitiu uma redistribuição realizadas entre os tipos compatíveis e incompatíveis para minimizar os conflitos sócio afetivos que envolvem situações de conflito interpessoal entre os membros de cada equipe, observados neste estudo.

Neste processo, se torna importante aceitar a identidade de cada membro para que transcorra devidamente a colaboração, a participação e a comunicação adequada dentro do grupo. Salienta-se a importância de entender, aceitar e se ajustar ao fato de que cada indivíduo demonstra em seu temperamento uma identidade própria, e cabe a ele compreendê-la para aperfeiçoar seu comportamento diante de cada situação encontrada ao longo de sua vida.

Neste contexto, definiu-se considerar os estudos de temperamentos de Keirsey e Bates em observação as características envolvidas em cada dimensão definida por Jung e complementadas por Myers e Briggs, onde se definiu quatro temperamentos básicos: realista perceptivo (SP – sensação e percepção); realista judicativo (SJ – sensação e julgamento); intuitivo sensível (NF – intuição e sentimento); e intuitivo racional (NT – intuição e pensamento).

Tabela 2: Atribuição de pontuação aos tipos psicológicos.

TIPOS	ENFP	ENTJ	ESFJ	ESFP	ESTJ	INFJ	INFP	INTJ	ISFJ	ISFP	ISTP
ENFP	24	18	18	30	24	6	18	12	12	24	30
ENTJ	18	24	36	24	30	24	12	18	30	18	12
ESFJ	18	36	24	12	30	24	12	30	18	6	12
ESFP	30	24	12	24	18	12	24	18	6	18	24
ESTJ	24	30	30	18	24	30	18	24	24	12	6
INFJ	6	24	24	12	30	12	0	18	18	6	12
INFP	18	12	12	24	18	0	12	6	6	18	24
INTJ	12	18	30	18	24	18	6	12	24	12	6
ISFJ	12	30	18	6	24	18	6	24	12	0	6
ISFP	24	18	6	18	12	6	18	12	0	12	18
ISTP	30	12	12	24	6	12	24	6	6	18	12

Fonte: o autor.

Tais temperamentos básicos foram comparados a divindades gregas para considerar algumas limitações e assim relatou, por raciocínio indutivo que NF e NT não se relacionam bem, mas individualmente, aceitam bem SP ou SJ e o raciocínio inverso deve ser considerado verdadeiro. Além disso, Myers comenta que unir P e J é um ato que deve ser evitado.

Com base nos critérios utilizados por Chen e Lin, definiu-se uma análise de temperamentos para trabalhos em equipe com uma relação por comparação, onde utilizou-se as relações positiva, neutra ou negativa em um processo de comparação onde se observam as relações entre: E I, NF e NT, SP e SJ, T e F, S e N, J e P (Figura 15).

Além disso, observa-se o surgimento de pares residuais como F e J, T e J, F e P, T e P com relação igual a zero. Também será atribuída, para aferição de peso, uma pontuação numérica igual a nove (9) para relação positiva, mais três (+ 3) para relação neutra e menos três (- 3) para relação negativa.

Assim, para uma relação entre os temperamentos de tipo INFP e INTJ obtêm-se uma pontuação numérica composta por I e I que é negativa, NF e NT que é negativa, PJ que também é negativa; de forma que alcançaremos, assim, a pontuação máxima igual a menos nove (- 9), já que o valor atribuído para relação negativa é igual a menos três (- 3) para cada um dos pares. A partir desse raciocínio, pode-se realizar a comparação que resultará na tabela de temperamentos no trabalho em equipe (Tabela 3).

Figura 15: Critérios de comparação para temperamentos.

	NF	NT										
NF	+	-		SP	+	-		NF	+	0		
NT	-	+		SJ	-	+		SP	0	+		
			NT				NT		NF		SJ	
NT			+		NT	+	0		+		0	
SJ			0		SP	0	+		0		+	
			E		J		P		T		F	
E			+		J	+	-		0		+	
I			0		P	-	+		+		0	
			S		+		9		FJ =	0	FP =	0
S			0		-		3		TJ =	0	TP =	0
N			+		0		-3					

Fonte: o autor.

Tabela 3: Relação entre aceitação de diferenças e temperamentos no trabalho em equipe.

Tipos	ENFP	ENTJ	ESFJ	ESFP	ESTJ	INFJ	INFP	INTJ	ISFJ	ISFP	ISTP
ENFP	27	3	12	12	12	9	21	-3	6	6	6
ENTJ	3	27	12	12	12	15	-3	21	6	6	6
ESFJ	12	12	21	9	27	6	6	6	18	3	9
ESFP	12	12	9	21	15	6	6	6	3	18	21
ESTJ	12	12	27	15	21	6	6	6	21	9	3
INFJ	9	15	6	6	6	15	3	3	0	0	0
INFP	21	-3	6	6	6	3	15	-9	0	0	0
INTJ	-3	21	6	6	6	3	-9	15	0	0	0
ISFJ	6	6	18	3	21	0	0	0	9	3	3
ISFP	6	6	3	18	9	0	0	0	3	9	15
ISTP	6	6	9	21	3	0	0	0	3	15	9

Fonte: o autor.

Ao realizar a análise de comparações e agrupá-las em uma tabela, observou-se possível, verificar as melhorias alcançadas conforme as ideias propostas por Myers, Brigggs e Keirse, apresentadas neste estudo, na proposição de um método de formação de equipes que considera a diversidade observada na classificação de tipos psicológicos e de temperamentos, conforme exemplificado no Quadro 11.

Quadro 11: Verificação de compatibilidades entre tipos psicológicos, turma A.

ESTUDO DE FORMAÇÃO DE EQUIPES								
Indivíduos	Tipos psicológicos MBTI	Grupos sala –TA	Verificação 01	Verificação 02	Verificação 03	Verificação 04	MBTI	KERSEY
5	INFP	A	INFP / ISFP	INFP / INFJ	INFP / ENFP		INFJ ISFP INFP	INFJ ISFP INFP
7	ISFP	A	ISFP / INFP	ISFP / INFJ	ISFP / ENFP			
10	INFJ	A	INFJ / INFP	INFJ / ISFP	INFJ / ENFP			
11	ENFP	A	ENFP / INFP	ENFP / ISFP	ENFP / INFJ			
1	ISFJ	B	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INTJ	OK	INTJ ENFP ISFJ
6	ENFP	B	ENFP / ISFJ	ENFP / ISFJ	ENFP / ISFJ	ENFP / INTJ		
9	ISFJ	B	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INTJ		
12	ISFJ	B	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INTJ		
27	INTJ	B	INTJ / ISFJ	INTJ / ENFP	INTJ / ISFJ	INTJ / ISFJ		
2	ESFP	C	ESFP / ESTJ	ESFP / ESFJ	ESFP / INFJ		OK	OK
3	ESTJ	C	ESTJ / ESFP	ESTJ / ESFJ	ESTJ / INFJ			
4	ESFJ	C	ESFJ / ESFP	ESFJ / ESFJ	ESFJ / INFJ			
8	INFJ	C	INFJ / ESFP	INFJ / ESTJ	INFJ / ESFJ			
Tipos psicológicos MBTI	Verificação 01 - MBTI	Verificação 02 - MBTI	Verificação 03 - MBTI	Verificação 04 - MBTI	Verificação 01 - Kersey	Verificação 02 - Kersey	Verificação 03 - Kersey	Verificação 04 - Kersey
INFP	18	0	18		0	3	21	
ISFP	18	6	24		0	0	6	
INFJ	0	6	6		3	0	9	
ENFP	18	24	6		21	6	9	
ISFJ	12	12	12	24	6	9	9	0
ENFP	12	12	12	12	6	6	6	-3
ISFJ	12	12	12	24	9	6	9	0
ISFJ	12	12	12	24	9	6	9	0
INTJ	24	12	24	24	0	-3	0	0
ESFP	18	18	12		15	15	6	
ESTJ	18	30	30		15	27	6	
ESFJ	18	30	24		15	27	6	
INFJ	12	30	24		6	6	6	

Fonte: o autor.

Assim, ao analisar o Quadro 12, deve-se considerar que as melhorias apresentadas foram pensadas de forma a realizar a menor quantidade de movimentações possíveis, para evitar o desencadeamento de rejeição e rebeldia geral causada por uma tendência humana de resistir a mudanças.

No quadro geral, as mudanças executadas foram benéficas para todas as equipes, mesmo com um pequeno desequilíbrio natural causado pela troca de integrantes, devido à necessidade de acomodação e readequação de novos membros nos respectivos grupos para os quais foram redirecionados.

Quadro 12: Análise de movimentações propostas para a turma A.

Nº	Tipos MBTI	Grupos sala TA	Verificação 01	Verificação 02	Verificação 03	Verificação 04	MBTI	KERSEY	Verificação 01 - MBTI	Verificação 02 - MBTI	Verificação 03 - MBTI	Verificação 04 - MBTI	Verificação 01 - Kersey	Verificação 02 - Kersey	Verificação 03 - Kersey	Verificação 04 - Kersey	
5	INFP	A	INFP / ISFP	INFP / ESFP	INFP / ENFP		Ok	INFP	18	24	18		0	6	21		
7	ISFP	A	ISFP / INFP	ISFP / ESFP	ISFP / ENFP				18	18	24		0	18	6		
2	ESFP	A	ESFP / INFP	ESFP / ISFP	ESFP / ENFP				24	18	30		6	18	12		
11	ENFP	A	ENFP / INFP	ENFP / ISFP	ENFP / ESFP				18	24	30		21	6	12		
1	ISFJ	B	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INFJ	Ok	INFJ	12	12	12	18	6	9	9	0	
6	ENFP	B	ENFP / ISFJ	ENFP / ISFJ	ENFP / ISFJ	ENFP / INFJ			12	12	12	6	6	6	6	9	
9	ISFJ	B	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INFJ			12	12	12	18	9	6	9	0	
12	ISFJ	B	ISFJ / ISFJ	ISFJ / ENFP	ISFJ / ISFJ	ISFJ / INFJ			12	12	12	18	9	6	9	0	
10	INFJ	B	INFJ / ISFJ	INFJ / ENFP	INFJ / ISFJ	INFJ / ISFJ			18	6	18	18	0	9	0	0	
27	INTJ	C	INTJ / ESTJ	INTJ / ESFJ	INTJ / INFJ		Ok	Ok	24	30	18		6	6	3		
3	ESTJ	C	ESTJ / INTJ	ESTJ / ESFJ	ESTJ / INFJ				24	30	30		6	27	6		
4	ESFJ	C	ESFJ / INFJ	ESFJ / ESFJ	ESFJ / INFJ				30	30	24		6	27	6		
8	INFJ	C	INFJ / INTJ	INFJ / ESTJ	INFJ / ESFJ				18	30	24		3	6	6		
<p>Condição 01 - MBTI (interesses comum) : Incompatíveis (0), baixo relacionamento (6), satisfatório (12), médio (18), bom (24), ótimo (32), totalmente compatíveis (36).</p>																	
<p>Condição 02 - Kersey (aceitação de diferenças): Ótimo aceitação (27); muito bom (21), médio (18), bom (15), regular (12), suficiente (09), aceitável (06), insuficiente (3), ruim (0), péssimo (-3) e caos (-9).</p>																	

Fonte: o autor.

O relacionamento adequado a este estudo, situa-se com pontuação entre 18 e 36 pontos, e foi adotado como parâmetro para estudos posteriores.

Em seguida, foram consideradas um conjunto de ações de organização e melhorias, onde se destacam:

- 1) Análise do ambiente de ensino de aprendizagem para detectar a necessidade de mudanças e/ou propor melhorias, estabelecendo as condições mínimas para que a experiência do usuário RA ocorresse de forma satisfatória.
- 2) Identificação dos diferentes tipos psicológicos e de temperamentos na formação de equipes, de maneira a adequar e readaptar os diversos tipos de temperamentos, vieses cognitivos e conflitos pessoais num mesmo ambiente de interação.
- 3) Identificação dos diferentes estilos de aprendizagem com o objetivo de promover a melhor evolução e integração entre os alunos, de forma colaborativa, proporcionando-lhes um ambiente acolhedor.

Salienta-se que esta etapa busca preparar o ambiente atual para uma adequação chamada de ensino virtualizado, no desenvolvimento de tarefas coletivas, o qual requer o desenvolvimento de trabalhos em equipes multifuncionais com habilidades emocionais evoluídas e contato prévio com as tecnologias emergentes utilizadas.

Para efeitos de aplicação RA, tal ação não se torna mandatória, pois mesmo que os indivíduos não passem por esta etapa, ainda irão realizar a imersão RA. Porém, a falta de preparação sócio emocional e teórica adequada a cada tipo de personalidade, temperamento e estilo de aprendizagem podem comprometer sua correta assimilação e importância. Tal fato pode ocorrer devido à falta de entrosamento e interesses comuns, além de conflitos emocionais não observados e mediados, anteriormente, entre os indivíduos que formam a equipe.

3.5 Guia de utilização de aprendizagem experiencial

Nesta etapa, buscou-se dar os primeiros passos na introdução da teoria de aprendizagem experiencial para o treinamento de trabalhos realizados em equipes de forma a identificar, conhecer e abordar cada estilo de aprendizagem no processo de ensino, considerando, também, as diferenças de personalidade e temperamentos para propiciar um ambiente inclusivo e trabalhar as habilidades emocionais exigidas pelo o ambiente 4.0 e suas tecnologias.

Assim, foi realizada a comparação para determinar a ligação existente, por meio da teoria apresentada, entre os tipos psicológicos e os estilos de aprendizagem experiencial, observadas no Quadro 13; então, passou-se a verificar se os estilos reais identificados para cada aluno correspondem ao resultado esperado.

O formulário KLSI 3.2 (Anexo 1) foi preenchido pelos indivíduos da amostra com a finalidade de identificar seus estilos de aprendizagem e, posteriormente, realizar a comparação com os estilos psicológicos, e os resultados (Anexo 2), foram apresentados no Quadro 13.

A diversidade de tipos psicológicos, temperamentos e estilos de aprendizagem apresentadas denotam a necessidade de adotar diferentes abordagens de ensino, de modo a atender as necessidades e respeitar as diferenças apresentadas pelos indivíduos da amostra. De forma a ser esta a principal justificativa para se adotar a aprendizagem experiencial e as contribuições dados pelos pensadores e estudiosos do estilo.

Quadro 13: Estilos de aprendizagem x Tipos psicológicos.

Nº	Tipos psicológicos	Temperamentos	Classificação de Kolb	Estilos de aprendizagem	Preferências	Classificação (McCarthy)	Perguntas (McCarthy)	Interesse (McCarthy)	Classificação (Honey)
2	ESFP	Realista Perceptivo(SP)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
3	ESTJ	Realista judicativo(SJ)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
4	ESFJ	Realista judicativo(SJ)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
14	ESFJ	Realista judicativo(SJ)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
15	ESFP	Realista Perceptivo(SP)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
18	ESFJ	Realista judicativo(SJ)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
25	ESFJ	Realista judicativo(SJ)	Acomodador	EC/EA	Fazer, realizar, envolver-se.	Dinâmico	E Se?	Autodescoberta.	Pragmático-Ativo
8	INFJ	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
20	INTJ	Intuitivo Racional(NT)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
21	INFJ	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
23	INFJ	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
24	INFJ	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
26	INFP	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
27	INTJ	Intuitivo Racional(NT)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
5	ENFP	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
10	INFJ	Intuitivo Sensível(NF)	Assimilador	CA/OR	Teoria, observações e raciocínio	Analtico	O que?	Fatos	Reflexivo-Teórico
6	ENFP	Intuitivo Sensível(NF)	Convergente	CA/EA	Problemas, práticas e decisões.	Senso Comum	Como?	Funcionamento	Teórico-Pragmático
16	ENTJ	Intuitivo Racional(NT)	Convergente	CA/EA	Problemas, práticas e decisões.	Senso Comum	Como?	Funcionamento	Teórico-Pragmático
11	ENFP	Intuitivo Sensível(NF)	Convergente	CA/EA	Problemas, práticas e decisões.	Senso Comum	Como?	Funcionamento	Teórico-Pragmático
1	ISFJ	Realista judicativo(SJ)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
7	ISFP	Realista Perceptivo(SP)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
9	ISFJ	Realista judicativo(SJ)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
12	ISFJ	Realista judicativo(SJ)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
17	ISFP	Realista Perceptivo(SP)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
19	ISTP	Realista Perceptivo(SP)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
13	ISFP	Realista Perceptivo(SP)	Divergente	EC/OR	Criar, imaginar e conscientizar-se.	Inovador	Por quê?	Aprendizagem	Ativo-Reflexivo
22		DESISTENTE							

Fonte: o autor.

O modelo de aprendizagem adotado descreve, de forma simples como o indivíduo gera, a partir de suas experiências anteriores, os conceitos que o guiarão em seu comportamento com relação as novas experiências e como ele as modifica, a fim de aumentar sua eficiência. Esse processo passa por quatro fases: Experiência Concreta (EC), seguida por Observação Reflexiva (OR) que nos levará a Conceituação Abstrata (CA) e a Experimentação Ativa (EA), que os conduz a novas experiências para que, em seguida, se possa recomençar um novo ciclo.

Quadro 14: Estilos de aprendizagem identificados na amostra.

Nº	Tipos psicológicos MBTI	Classificação MYERS E BRIGGS	Temperamentos de Kersey	Estilos de aprendizagem de Kolb	Classificação (Kolb)	Classificação (Honey)	Classificação de Kolb e Honey esperada no questionário	Classificação de Kolb e Honey recebidas do questionário	Classificação (Kolb)
18	ESFJ	Cônsul	Realista Judicativo(SJ)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	concreta/ativa = ativista	Acomodador(ES)
25	ESFJ	Cônsul	Realista Judicativo(SJ)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	concreta/ativa = ativista	Acomodador(ES)
6	ENFP	Ativista	Intuitivo Sensível(NF)	CA/EA	Convergente(EN)	Teórico-Pragmático	Abstrata/ativa = Pragmático	Concreta - ativa = Ativista	Acomodador(ES)
2	ESFP	Animador	Realista Perceptivo(SP)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	Concreta - ativa = Ativista	Acomodador(ES)
3	ESTJ	Executivo	Realista Judicativo(SJ)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	Concreta - ativa = Ativista	Acomodador(ES)
5	INFP	Mediador	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
7	ISFP	Aventureiro	Realista Perceptivo(SP)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
10	INFJ	Advogado	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
11	ENFP	Ativista	Intuitivo Sensível(NF)	CA/EA	Convergente(EN)	Teórico-Pragmático	Abstrata/ativa = Pragmático	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
8	INFJ	Advogado	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
14	ESFJ	Cônsul	Realista Judicativo(SJ)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
20	INTJ	Arquiteto	Intuitivo Racional(NT)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
17	ISFP	Aventureiro	Realista Perceptivo(SP)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Abstrata/reflexiva = Teórico	Assimilador(IN)
1	ISFJ	Defensor	Realista Judicativo(SJ)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
27	INTJ	Arquiteto	Intuitivo Racional(NT)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
4	ESFJ	Cônsul	Realista Judicativo(SJ)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
15	ESFP	Animador	Realista Perceptivo(SP)	EC/EA	Acomodador(ES)	Pragmático-Ativo	concreta/ativa = ativista	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
24	INFJ	Advogado	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
21	INFJ	Advogado	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
26	INFP	Mediador	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
23	INFJ	Advogado	Intuitivo Sensível(NF)	CA/OR	Assimilador(IN)	Reflexivo-Teórico	Abstrata/reflexiva = Teórico	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
16	ENTJ	Comandante	Intuitivo Racional(NT)	CA/EA	Convergente(EN)	Teórico-Pragmático	Abstrata/ativa = Pragmático	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
19	ISTP	Virtuoso	Realista Perceptivo(SP)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Abstrata/ativa = Pragmático	Convergente(EN)
9	ISFJ	Defensor	Realista Judicativo(SJ)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Divergente(IS)
12	ISFJ	Defensor	Realista Judicativo(SJ)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Divergente(IS)
13	ISFP	Aventureiro	Realista Perceptivo(SP)	EC/OR	Divergente(IS)	Ativo-Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	concreto/Reflexiva = Reflexivo	Divergente(IS)
22	-	-	Desistente	-	x	-	-	-	-

Fonte: o autor.

Desta forma, passou-se a completar o quadro de contribuições (Quadro 15) com informações obtidas, por meio de discussões e práticas realizadas por professores do ensino técnico durante o período desta pesquisa. Considerou-se, assim, suas próprias experiências, observações e reflexões obtidas ao longo de suas carreiras de forma a levar a teoria apresentada à sua aplicação no ambiente técnico.

Considera-se, também, que normalmente um estilo de preferência não é imutável, então o indivíduo deve desenvolver-se na maior quantidade de estilos possível e ser flexível para superar as diversas dificuldades encontradas em seu caminho pessoal e profissional.

Desta forma, os indivíduos deverão passar por todas as etapas descritas, obrigatoriamente, e seu desempenho será cobrado em todas elas, porém deverá ser atribuído maior peso ao estilo dominante de cada indivíduo.

Para que isto ocorra de forma devida, será necessário realizar uma preparação, a qual envolve a coleta dos tipos psicológicos com o teste MBTI, a determinação individual do tipo de temperamento e a verificação das possíveis formação de grupos, por meio do uso das tabelas obtidas por comparação de dados, para, enfim, escolher as que resultem em menor situação de geração de conflitos sócio emocional aos indivíduos de cada equipe.

Em seguida, deve-se verificar os estilos de aprendizagem atribuídos aos tipos psicológicos, estratificar os estilos atribuídos a cada aluno e realizar uma avaliação diagnóstica para determinar o conhecimento atual de cada indivíduo. Passa-se, então, a realizar as intervenções seguidas de avaliações formativas e *feedbacks* a cada ação proposta no Quadro 15.

Como, teoricamente, o aluno tende a evoluir ao longo da disciplina com relação aos estilos de aprendizagem utilizados em cada etapa desenvolvida, propõem-se que seja utilizada as proporções 60/10/10/10, 40/20/20/20 e 25/25/25/25 respectivamente atribuídos a cada etapa de forma individual para cada estilo, de forma a atribuir o peso maior ao estilo de aprendizagem individual de preferência, identificado para cada indivíduo.

Considerando esta evolução gradativa, o indivíduo se apropriará do domínio de outros estilos, então, ao final do terceiro ciclo, deve-se considerar que o indivíduo sempre dará preferência por um dos tipos que o deixa mais à vontade; portanto, deve-se dar ênfase à sua evolução e não ao valor da nota obtida por ele em cada estilo.

Na prática, isso significa que ele terá uma meta mínima, definida previamente pelo docente, a ser alcançada e, caso isso ocorra, obterá a nota máxima em cada ciclo, estimulando-o a se superar a cada etapa.

Para garantir a colaboração e compartilhamento entre os membros da equipe, pode-se realizar ao final de cada ciclo uma avaliação de conhecimentos adquiridos de modo a gerar

pontuações individuais e em grupo. Ao final dos três ciclos, propõem-se uma competição entre equipes para motivar a concorrência e promover um clima desafiador entre os competidores de cada equipe.

Quadro 15: Orientações para introdução de aprendizagem experiencial.

Estilos de aprendizagem de Kolb e Kolb (2013, 2017)	Quadrantes de McCarthy (1987)	Ação de McCarthy (1987)	Verificações de McCarthy (1987)	Sugestões	Avaliações	Práticas
Experimentando (EA/EC/OR)	1.1	Conectar	Engajamento, participação e ideias	Desperte interesse com vídeos, resolução de problema ou demonstrando algo novo.	Interesse: sim ou não	Colete os tipos psicológicos (Teste MBTI). Determine os tipos de temperamento (Kersey). Verifique as possíveis formação de grupos (Silva). Verifique os estilos de aprendizagem (Kolb, 1984). Estratifique os alunos. Realize uma avaliação para cada estilo de Kolb (1984). Utilize as proporções 60/10/10/10; 40/20/20/20 e 25/25/25/25 para cada estilo em cada ciclo completo. Observe que o aluno deverá evoluir gradativamente para o domínio de outros estilos ao final do terceiro ciclo.
Imaginando (EC/OR)	1.2	Participar	Reflexões: ouvindo, listando, padronizando, priorizando, declarando.	Explique o porquê, a importância ou aplicação. Faça arguição. Pergunte se alguém já teve esta experiência.	Participação: sim ou não	
Refletindo (EC/OR/CA)	2.1	Imaginar	Qualidade da produção e reflexão dos alunos.	Peça para que os alunos façam uma anotação, resumo ou reflexão, registrando em seu próprio caderno.	Anotações: sim ou não	
Analisando (OR/CA)	2.2	Informar	Verificação verbal e/ou escrita do professor para compreensão do aluno.	Faça uma apresentação do conteúdo teórico.	Atenção: sim ou não	
Pensando (OR/CA/EA)	3.1	Praticar	Qualidade do trabalho / questionário objetivo	Faça exercícios, retire dúvidas, realize a mediação.	Produção: sim ou não	
Decidindo (CA/EA)	3.2	Extender	Comportamento e envolvimento.	Peça aos alunos que explique aos demais o que aprendeu. Painel integrado, apresentação ou explicação individual.	Explicação: sim ou não	
Agindo (CA/EA/EC)	4.1	Refinar	Editar, refinar, refazer, analisar e concluir	Peça aos alunos que revejam e melhorem o que produziram até aqui. Praticar, refazer, replanejar, revisar, ajustar ou finalizar.	Melhorias: sim ou não.	
Iniciando (EA/EC)	4.2	Explicar	Capacidade de relatar e demonstrar o que aprenderam. Expressões / compartilhamento.	Peça aos alunos que façam um relatório das atividades realizadas. Relato, reflexões, ideias e compartilhamentos.	Relatório: sim ou não.	
Balaceando (EC/OR/CA/EA)	Avaliar		Alcance dos objetivos.	Refazer o ciclo pelo menos 3 vezes ao longo da disciplina.	Preenchimento do checklist dos critérios formativos.	Gincana, Competição, Quiz.

Fonte: o autor.

Realizou-se, também, a aplicação das sugestões e práticas, por meio de apresentações realizada em aulas de Manutenção no curso técnico de eletromecânica. Cita-se, como exemplo, a abordagem realizada no desenvolvimento de competências para executar manutenção em máquinas com transmissão, por meio de um conjunto de polias e correias, desenvolvido por se

tratar de conteúdo do plano de curso a ser abordado na ocasião. Um dos temas abordados foi a execução de tensionamento de correias trapezoidais na transmissão por polias e correias, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16: Aplicação de aprendizagem experiencial.

The figure displays nine sequential screenshots from a SENAI learning application, illustrating an experiential learning process for belt tensioning. The screenshots are arranged in a 3x3 grid:

- Top Left:** Titled "Conetando ...", it features a background image of gears and text: "Video do telecurso apresentando conhecimentos técnicos sobre Polias e Correias".
- Top Middle:** Titled "Reflexões ...", it asks "Entendo o assunto..." and lists questions: "O porquê?", "O motivo?", and "A aplicação?".
- Top Right:** Titled "Imaginando ...", it instructs "Façam um resumo do que vimos até aqui." and sets a "Tempo : 10 minutos".
- Middle Left:** Titled "Informando ...", it is subtitled "TECNOLOGIA EM CORREIAS" and defines a belt as a flexible element for rotation transmission. It includes an image of a belt and pulley.
- Middle Middle:** Titled "Praticando", it presents "Exercício 01" where students calculate deflection based on pulley distance and belt length. It sets a "Tempo : 05 minutos".
- Middle Right:** Titled "Extendendo...", it asks students to review information and calculate tensioning. It lists technical data: "Correia trapezoidal de perfil A", "Rotação do motor 1733 RPM", "Parafusos M8 com cabeça sextavada de medida de 17 mm", "Pólia motora de 175 mm e Pólia condutora de 350 mm", and "Distância entre as polias nos pontos de contato da correia é de 750 mm".
- Bottom Left:** Titled "Refinando...", it asks students to elaborate on planning for installation. It repeats the technical data from the previous slide.
- Bottom Middle:** Titled "Explicando...", it asks group members to detail their steps and explain their participation. It notes that the task should be done individually and saved in Teams or as a file.
- Bottom Right:** Titled "CONCLUSÃO", it states "Aprendizagem desenvolvida: Consultar e selecionar instruções para realizar tensionamento de Polias e correias trapezoidais."

Fonte: o autor.

Esta tarefa foi realizada durante o período de afastamento social imposto pela pandemia causada pela Covid-19, de forma que foi submetida via *Internet*, por meio da plataforma *Teams*, e composta por atividades criadas no aplicativo *Forms*. Os resultados obtidos se mostraram satisfatórios, embora tenham sido encontradas diversas dificuldades de adequação ao ambiente *online*. As atividades foram orientadas passo a passo e as tarefas foram analisadas por equipe, seguida das devidas considerações, necessárias para incentivar acertos ou corrigir em forma de *feedback*.

Estas ações foram abordadas para promover o suporte teórico necessário, o equilíbrio psicossocial entre os indivíduos, criar um ambiente inclusivo às diferenças identificadas e promover o desenvolvimento emocional para as atividades práticas realizadas no trabalho coletivo relatado como necessários ao ambiente 4.0.

Salienta-se que esta etapa é de grande importância para o desenvolvimento de recursos humanos 4.0, pois é onde que ocorrerá a interação entre alunos e instrutores, possibilitando que ocorram as intervenções necessárias ao desenvolvimento de habilidades emocionais, a criação de um ambiente inclusivo e a aprendizagem com ações colaborativas.

3.6 Adequação do ambiente de aplicação RA

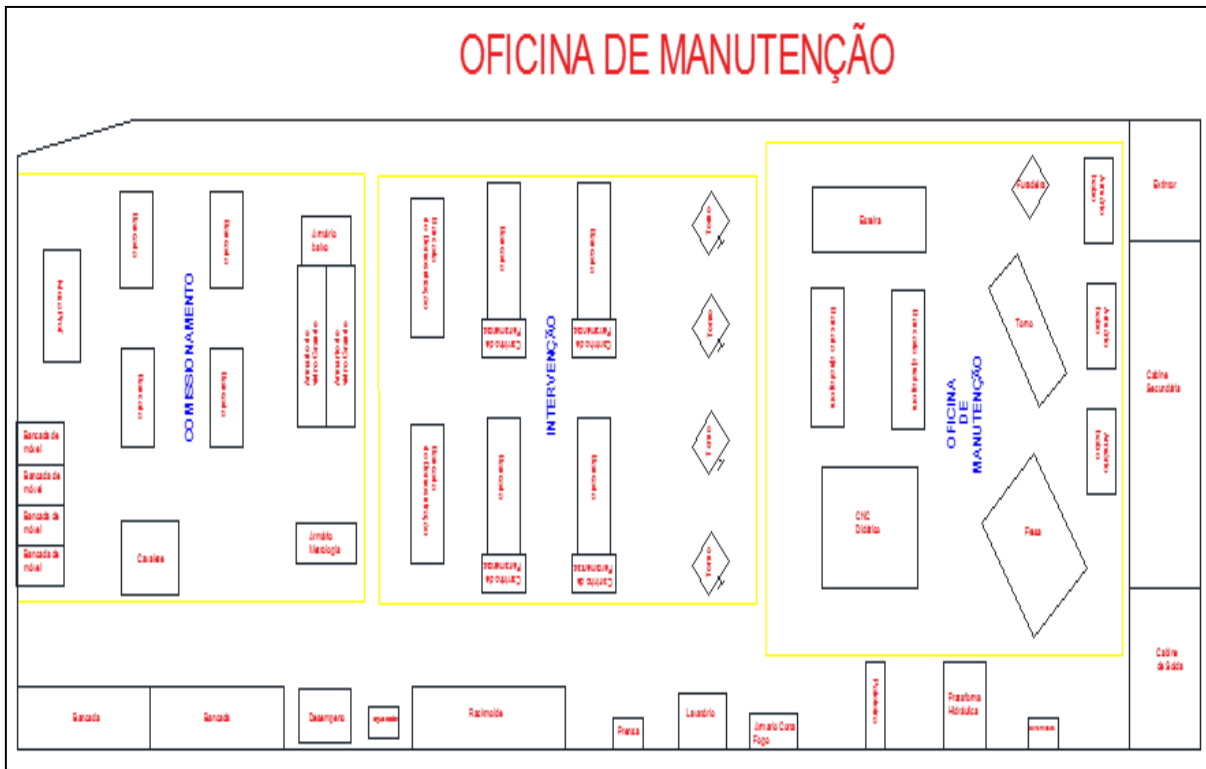
A aplicação prática de RA no ambiente de manutenção irá requer a disponibilidade de espaço compatível durante a interação em grupos contendo pelo menos três usuários, além de uma superfície plana para a ancoragem do modelo RA desenvolvido, iluminação adequada para identificação da superfície e materiais, ferramentas e insumos necessários para replicar a experiência do usuário.

Observou-se que o ambiente não apresentava tais condições, pois a área prevista era de 201,74 m² enquanto a área disponível era de 92 m². Além disso, o espaço destinado era uma sala de aula com apenas uma porta de entrada comum, o espaço para movimentação era um corredor com 3 metros de largura o que restringia as movimentações necessárias, pouca ventilação e iluminação restrita. Por estas razões, passou-se a realizar um estudo de modificação do *layout* para implantação de melhorias.

Após três estudos, diversos *layouts* possíveis e adequações de áreas, implantou-se a configuração que pode ser vista na Figura 17. As alterações básicas consistiram no reposicionamento de máquinas e equipamentos conforme o *layout* proposto, e a transferência dos patrimônios da sala C-09 para a Oficina de Manutenção, localizado agora no prédio da Usinagem Mecânica. Houve um aumento de área para 144 m², além de melhorias no entorno, facilitando a movimentação de máquinas e equipamentos utilizados nas demonstrações práticas.

Outras ações se fizeram necessárias, tais como: a reorganização do ambiente de trabalho; o provimento de espaço suficiente e adequado para execução de tarefas; a adequação do posto de trabalho às necessidades de RA; melhoria da iluminação para mapeamento dos planos de ancoragem; aquisição de equipamentos, ferramentas, instrumentos e insumos necessários a realização da tarefa de manutenção modelada virtualmente.

Figura 17: Novo *layout* da sala.



Fonte: o autor.

As diferentes alterações promoveram melhorias nos aspectos de: maior propagação de luz natural; melhor dissipação de calor, ruído e vapores provenientes dos produtos químicos utilizados; maior espaço para movimentação de materiais, equipamentos e pessoas; diminuição dos riscos de acidentes; além da separação adequada de equipamentos, ferramentas e insumos, de forma a garantir uma melhor localização destes recursos, no momento necessário para uso.

A Figura 18 apresenta um comparativo do antes e do depois, no qual uma série de medidas foram implementadas: organização, separação, destinação, limpeza, pintura, restauração e melhorias específicas, foram executadas a partir da aprovação da terceira alternativa de *layout* proposto.

Na preparação do posto de trabalho foram disponibilizados uma bancada de demonstração e uma base de apoio, contendo os equipamentos físicos necessários: motor, acoplamento, bomba centrífuga e elementos de fixação. Também foram disponibilizados os instrumentos e ferramentas necessárias, como: relógio apalpador, comparador, bases magnéticas e chaves de fixação.

Para a execução são formadas equipes contendo 3 indivíduos cada, os quais recebem orientações quanto ao objetivo da tarefa e sua importância. Na etapa de experiência do usuário

é apresentado o aplicativo de RA, destacando as etapas de como acessar o *app*, como realizar o rastreamento dos planos de ancoragem e como acessar a cena da tarefa a ser realizada. Todos os indivíduos realizam esta etapa passo a passo com o acompanhamento do instrutor e, em seguida, executam de forma autônoma a tarefa de manutenção RA proposta.

Assim, adotou-se a Teoria de Aprendizagem Experiencial para os trabalhos em equipes em oficina e laboratórios que utilizam tecnologias do ambiente 4.0, considerando as preferências de relacionamento pessoal e tornando o ambiente de estudo mais acolhedor aos diferentes tipos psicológicos, de forma a transformar a aprendizagem individual em aprendizagem colaborativa, por meio de desafios e imersões RA sugeridas.

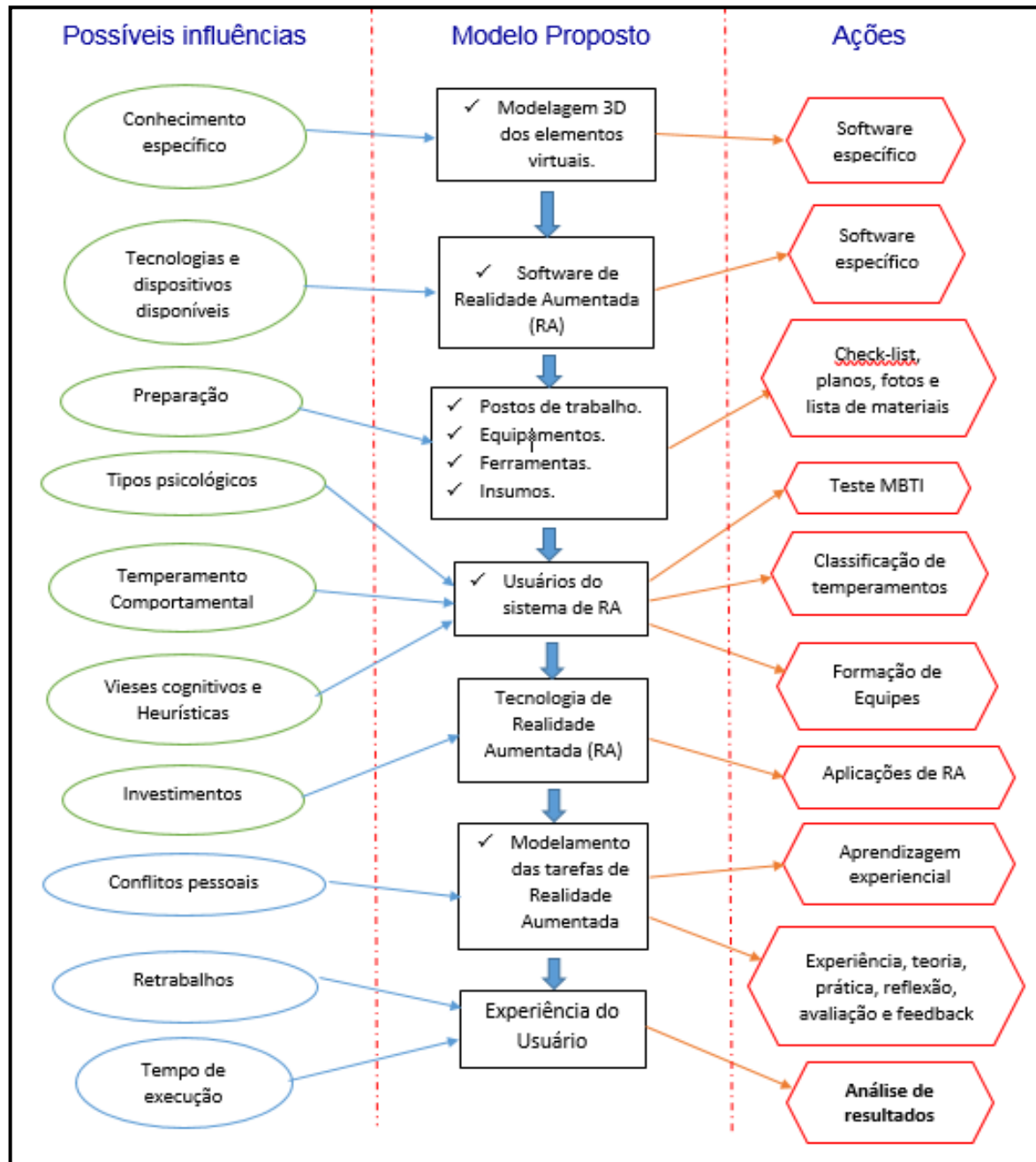
Figura 18: Melhorias realizadas na Oficina de Manutenção.



Fonte: o autor.

Adaptou-se, assim, o modelo de aprendizagem individual para um sistema que desenvolve competências em atividades práticas e apresenta uma alternativa para melhorar as relações pessoais, buscando reduzir as situações de conflitos e possibilitar o desenvolvimento de habilidades emocionais em trabalhos coletivos. Assim, a Figura 19 resume o modelo de desenvolvimento de aplicação de RA proposto nesta pesquisa.

Figura 19: Modelo de aplicação RA proposto.



Fonte: o autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente necessidade observada em realizar aplicações de tecnologias utilizadas na indústria 4.0 em atividades do ensino técnico industrial norteou esta investigação na busca das tecnologias mais adequadas para sua aplicação em manutenção industrial. Adotou-se para esta tarefa o método DSR no desenvolvimento da pesquisa.

O método adotado, percorre um caminho composto por um conjunto de etapas necessárias para garantir o devido rigor científico requerido. De modo que na fase de conscientização do problema ocorreu uma investigação nos repositórios internacionais de pesquisa *Scopus* e *Web of Science* sobre o tema Indústria 4.0.

Constatou-se assim que a tecnologia RA é amplamente utilizada para ajudar os profissionais a visualizarem dados e informações industriais de maneira mais direta e intuitiva, permitindo-lhes melhor entendimento, interação e utilização de imagens virtuais que se misturam ao ambiente real.

Observada a sua grande importância na área de manutenção industrial, a tecnologia RA foi então escolhida como tema central deste trabalho. A partir daí, passou-se a realizar, na fase de ideação do DSR, estudos de aplicações e propostas de adequações necessárias para sua utilização no ensino técnico. Os resultados obtidos passam então a serem relatados.

Conforme as pesquisas bibliométricas realizadas, a utilização de RA para aplicação em ambiente industrial se mostrou de grande importância ao longo do tempo, fazendo com que muitos autores a aplicassem em diversificadas situações.

Dada sua importância e crescente aplicação em ambientes industriais, tornou-se imprescindível em atividades desenvolvidas no ensino técnico a fim de obtenção de conhecimentos específicos e acesso inicial a esta tecnologia emergente. De forma que na etapa de desenvolvimento DSR do artefato, foram realizados levantamento de características e requisitos do artefato desenvolvido.

Considerou-se assim que os HHDs são os mais indicados para aplicações no ensino técnico, pois dispositivos móveis (como *smartphones* e *tabletes*) são tecnologias que já fazem parte da vida cotidiana dos alunos e, por esta razão, já dominam seu manuseio e suas interfaces. Além disso, em comparação com os HMDs, o valor de aquisição e manutenção é muito mais atrativo e observa-se, atualmente, a existência de uma infinidade de dispositivos compatíveis com a tecnologia RA móvel.

Relata-se que uma cena de RA deve ser construída a partir dos dispositivos definidos para acessar ao ambiente virtual. Para esta finalidade, é necessário utilizar uma biblioteca de

programas específicos criados para realizar as diversas ações necessárias ao desenvolvimento de RA, chamada de SDK.

O modelo 3D a ser anexado à cena RA como objeto virtual deverá ser desenvolvida em um *software* especificamente desenvolvido para este fim. Os modelos poderão ser exportados em formatos específicos definidos pela plataforma de desenvolvimento utilizada.

O realismo da cena RA pode ser aprimorado para a simulação no mundo virtual com recursos encontrados em uma *Game Engine* que irá proporcionar o ambiente e as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de aplicativos que reúnem os diversos pacotes de interação necessários para executar a visualização do objeto RA no mundo real.

Os recursos mencionados foram detalhados neste trabalho, de modo que ao apresentá-los, considera-se atingido o primeiro objetivo específico definido neste trabalho: “selecionar tecnologias, dispositivos e *softwares* necessários para aplicação de RA”.

O artefato gerado, na fase de desenvolvimento do DSR, consistiu em elaborar aplicações de RA para tarefas práticas de manutenção industrial, no qual foi necessário desenvolver competências técnicas para o uso dos *softwares*: *Android studio 4.1*, *Unity Engine 2019*, *Visual Studio 2019*, *Blender 2.8*, *Solidworks 2018* e *SDK ARCore 1.23*.

Tais competências foram promovidas, por meio de testes de funcionamento, cursos realizados ao longo da pesquisa e consulta aos tutoriais: *Manual Unity 2019.4* (acessado em <https://docs.unity3d.com/2019.4/Documentation/Manual/Graphics.html>) e do guia de desenvolvimento *ARCore* (acessado em <https://developers.google.com/ar/develop>).

Dessa forma, foi elaborado um aplicativo RA para execução de tarefas práticas de manutenção industrial, utilizando um SDK *ARCore*, com um mecanismo de jogo *Unity Engine*, sistema operacional Windows 7 e 10 (versão de 64 bits), um dispositivo móvel Samsung A31 com versão Android 10, e um guia de desenvolvimento para a geração do aplicativo de RA.

Considera-se, assim, o atingimento do segundo objetivo específico “Construir um aplicativo RA para a prática do ensino de Manutenção Industrial, em um curso técnico profissionalizante”.

Observou-se que algumas disciplinas do curso técnico, como as de Manutenção, requerem, a cada trabalho, a mobilização de uma diversidade de práticas que reúnem competências, atitudes e saberes interdisciplinares para trabalho em equipes multifuncionais. E que ocorrem constantes mudanças a cada tarefa, as quais requerem dos instrutores, a disponibilização dinâmica de diferentes soluções para cada estilo de aprendizagem, a cada nível de evolução pessoal do indivíduo em treinamento.

Concluiu-se que tais disciplinas irão requerer, em futuro próximo, uma dinâmica diferenciada nas tarefas de oficina e laboratório voltadas ao uso de tecnologias 4.0, onde deverá haver uma mobilização de conhecimentos, habilidades e atitudes, de forma flexível, conforme as necessidades de cada indivíduo.

Sugeriu-se então que tais dinâmicas devem ser realizadas em equipes, em ambiente colaborativo e inclusivo, com experiências reais e virtuais, materiais diversos e com acesso livre a tecnologias de informação e comunicação industrial para a otimização dos resultados esperados.

Neste contexto, para o uso da tecnologia emergente RA, o trabalho adota um método de seleção de indivíduos e o utiliza para a formação de cada equipe. Tal método consiste em identificar as compatibilidades sócio psicológicas e comportamentais, por meio de análise comparativa de dados. Sugerindo-o, como um método viável para a seleção de indivíduos que permite adequar os recursos humanos captados às necessidades requeridas para atuação no ambiente 4.0.

Observa-se ainda, que autores referenciados afirmam que uma equipe mais eficaz requer uma boa combinação de tipos de personalidade, pois diferentes tipos podem se complementar de forma cooperativa, porém deve-se observar a compatibilidade entre os indivíduos, pois muita oposição e discordância dificulta a realização de tarefas conjuntas.

Dessa forma, o trabalho relata a aplicação do método de seleção em uma amostra de estudo e o apresenta. Obteve-se como resultados uma considerável redução de conflitos e melhoria de entrosamento na realização de tarefas.

Pontua-se também que a incompatibilidade identificada entre os tipos psicológicos pode causar interferência no andamento das atividades, além de reprovações, insatisfações e, até mesmo, a desistência do curso. Portanto, é necessária uma readequação, e, neste quesito, estudos sócio psicológicos se mostram de grande importância para o processo de ensino-aprendizagem.

Considerou-se, assim, atingido o terceiro objetivo específico, o qual consiste em “Propor adequação de recursos humanos para a formação de equipes, considerando-se os aspectos psicossociais”.

Ao longo da pesquisa passou-se a considerar importante incluir também os conceitos principais da teoria de aprendizagem experiencial (desenvolvida e aplicada ao longo de décadas) no processo de inclusão dos diferentes temperamentos e personalidades pois o ciclo de aprendizagem nela descrito percorre um caminho que aborda as diferentes formas e estilos de aprendizagem.

E levou-se em conta que uma seleção de equipes compatíveis, aliadas à teoria de aprendizagem experiencial, podem propiciar uma nova jornada que aponte o caminho para o desenvolvimento de uma nova abordagem nos trabalhos em equipe realizadas em cursos profissionalizantes.

Além disso, pode-se aproveitar a estrutura de ensino já implantada no ambiente atual em uma abordagem que priorize seis pontos principais: a experiência, a teoria, a prática, a reflexão, o desafio e a discussão de resultados.

Tais abordagens são consideradas necessárias a uma futura mudança, da sociedade industrial para a sociedade do conhecimento, a qual está em condução, já foi estudada por diversos autores e modificarão a forma de aprendizagem de adultos e jovens.

Algumas dessas ideias já estão sendo implantadas ao redor do mundo, nas quais se utiliza a teoria de aprendizagem experiencial para fornecer uma estrutura para o *design* ativo, experiências de aprendizagem colaborativas e interativas em apoio ao processo de transformação com ênfase no envolvimento sensorial e emocional, elaboradas para atividades de aprendizagem em programas de engenharia que buscam adaptá-las à Indústria 4.0.

Assim, afim de promover a Aprendizagem Experiencial de forma colaborativa, deve-se considerar, como foi relatado neste trabalho, que cada indivíduo tende a avaliar os demais conforme sua própria imagem e semelhança. Neste processo, se torna importante aceitar a identidade de cada membro da equipe para que transcorra de forma devidamente tranquila a colaboração, a participação e a comunicação adequada entre seus integrantes.

Buscando estimular esses aspectos, pode-se utilizar um sistema de pontuação que desafie o indivíduo a superar seus próprios limites para obtenção de nota máxima, onde seu sucesso a cada etapa contribua para aumentar a nota geral da equipe. Além de propor uma competição, ao final de três ciclos, na qual os indivíduos de uma equipe competem com indivíduos de outras equipes (porém de mesmo nível de desempenho) em busca de um prêmio simbólico que determinará qual grupo será o vencedor.

Assim, um quadro de orientação, contendo as principais ações, pontos de verificação e sugestões para sua aplicação, foi elaborado para auxiliar o processo de aplicação da teoria apresentada. Desta forma, se pode considerar atingido o quarto objetivo específico que consiste em: “Selecionar contribuições e elaborar guias de orientação para a otimização da Aprendizagem Experiencial no trabalho em equipe”.

NA fase de avaliação DSR, observou-se que a organização e execução de tarefas de Manutenção RA requerem um bom nível de administração, no que diz respeito à preparação do posto de trabalho, (onde ocorrerá a experiência do usuário).

Considerou-se necessário desenvolver um plano de demonstração e execução contendo uma lista de equipamentos, ferramentas e insumos necessários à execução da tarefa proposta. Além de garantir materiais, mapear sua localização e gerenciar a quantidade suficiente para cada interação planejada.

Concluiu-se que experiência do usuário irá requer a disposição de espaço físico livre para o mapeamento de superfícies planas, iluminação adequada para reconhecimentos de planos de ancoragem e recursos necessários para replicar a experiência RA vivenciada. Além da disponibilidade de espaço para as movimentações necessárias na atuação de pelo menos 4 equipes contendo no mínimo 3 indivíduos em cada uma delas.

Assim, foi necessária uma análise do ambiente onde se pretende realizar a intervenção e propor melhorias com o intuito de facilitar a execução das atividades de RA e propiciar uma interação do usuário do sistema RA, sem que ocorram interrupções não planejadas ou falta de recursos.

Um levantamento realizado no início das atividades de pesquisa, constatou que o ambiente de ensino destinado a disciplina de manutenção necessitava de melhorias, pois se tratava de uma sala de aula pequena, onde era necessário realizar um rodízio, devido às limitações de espaço e equipamentos. Outra situação que causava interferências era a quantidade de alunos utilizando o mesmo espaço em diferentes ocasiões, com diferentes orientações e práticas. Condições que impossibilitavam a aplicação de RA devido à falta de espaço, baixa iluminação e desorganização dos recursos.

Sendo assim, tornou pertinente um estudo de ampliação e melhoria do espaço destinado ao desenvolvimento da disciplina de Manutenção, por meio de estudos do *layout* da planta com novas propostas. Tais estudos resultaram no aumento de área, em melhorias consideráveis, na mudança de *layout* e na reorganização dos novos espaços.

Estas realizações permitiram afirmar que o quinto objetivo específico foi atendido, o qual se refere a “Adequar o espaço físico (área, *layout* e recursos) para a nova proposta de ensino-aprendizagem sugerida na realização de trabalhos em equipe”.

Dessa forma, consolidou-se o desenvolvido de um modelo para aplicações de RA no ensino técnico para práticas de Manutenção industrial em atividades realizadas por equipes preparadas para trabalhar com tecnologias do ambiente 4.0.

De modo que o trabalho apresentado buscou contribuir na introdução dos primeiros passos para a transformação do ensino analógico ao ensino virtualizado, por meio de um modelo de implantação de Realidade Aumentada (RA) aplicada em tarefas práticas de manutenção industrial. Essa adequação visou considerar os aspectos psicossociais, na formação de equipes

multifuncionais, e os estilos de aprendizagem, no desenvolvimento de habilidades sócio emocionais e educacionais do ensino técnico.

Como resultado a avaliação DSR das etapas do desenvolvimento do artefato, descreveu as tecnologias emergentes relacionadas à RA, desenvolveu aplicações de RA para Manutenção industrial, criou um aplicativo *ARCore* para plataforma *Android*, utilizando *Unity Engine* e gerou um guia para reconstituição da aplicação proposta.

Na fase de testes e melhorais de aplicação do artefato com o método DSR, apresentou diversas oportunidades de aplicação de RA no ambiente de ensino para a disciplina de Manutenção industrial por meio de duas aplicações que apresentam o procedimento de execução, o modelamento de objetos 3D e o desenvolvimento de um aplicativo RA.

Foi proposto, como sugestão, um método para identificação dos estilos de personalidade e temperamento, de forma a verificar a compatibilidade entre os indivíduos de cada equipe e apresentou-se como analisar os resultados para readequar as equipes formadas por afinidade.

Também introduziu a teoria de aprendizagem experiencial como meio para desenvolver um ambiente inclusivo que respeite as diferenças, de cada indivíduo e seu estilo de aprendizagem, de forma a desenvolver as habilidades de trabalho em equipe e as habilidades emocionais, durante atividades práticas e teóricas realizadas de forma coletiva.

Constatou-se que a aplicação de RA em manutenção industrial aumentou a capacidade de retenção de informações do usuário e melhorou o entrosamento entre os indivíduos selecionados pelo método proposto, além de reduzir os conflitos observados.

Em treinamentos, possibilita economizar energia, tempo, recursos e capital mobilizado reduzindo a quantidade de equipamentos adquiridos, utilização de papel, preparação de tarefas, movimentações e desperdícios de tempo.

Consolidou-se, assim, um *framework* (conjunto de conceitos usado para resolver um problema de um domínio específico) que não apenas apresenta aplicações de RA como, também, prepara o indivíduo para atuar no ambiente 4.0. No qual se observa a necessidade de realizar trabalhos em equipes multifuncionais, desenvolver habilidades emocionais para trabalhos coletivos e obter experiência, por meio do contato com as tecnologias emergentes utilizadas na Indústria 4.0.

Convêm mencionar que já existe no mercado algumas poucas aplicações desenvolvidas para plataforma IOS com SDK *ARkit*, *Wikitude* e *ARtoolkit* desenvolvidas com *Game Engine Unity* ou *Unreal*, porém não se observou, durante o período exploratório, nenhuma aplicação publicada que se utilizasse de SDK *ARcore* com *Unity Engine* para plataforma Android em aplicações de manutenção industrial utilizando *smartphone*.

A aplicação de RA em manutenção industrial apresenta potencial para a geração de novos postos de trabalho na área de autoria, consultoria remota, assistência remota, execução de tarefas RA em manutenção e desenvolvimento RA de aplicativos industriais.

No processo de ensino, pode permitir o aumento de tempo para intervenção individual, arguição, mediação, controle, demonstração prática, avaliação e *feedback* - itens considerados como essenciais ao desenvolvimento pessoal, coletivo, cognitivo, sentimental e sensorial, com os quais o indivíduo iniciará sua adaptação para o ambiente 4.0.

No entanto, seu desenvolvimento atual requer uma equipe experiente e capacitada em diferentes especificidades, realizando atividades conjuntas de pesquisa e desenvolvimento RA. Além de requerer um longo período de tempo para retorno de investimentos, o que a torna caro e impossibilita sua aplicação em pequenas empresas. Porém, observa-se que a tecnologia RA tem avançado a passos largos e rapidamente estes obstáculos serão transpostos.

Os dispositivos com suporte para ARCore Depth API são os mais indicados para desenvolvimento RA ARCore, pois permitem que os desenvolvedores acessem aos algoritmos de profundidade do ARCore para criar experiências RA mais realistas, gravando um mapa de profundidade de seu ambiente usando a câmera do smartphone.

Desta forma é possível capturar múltiplas imagens, de ângulos diferentes, e referenciá-las durante o movimento com a intenção de rastrear a distância entre o dispositivo e os objetos reais, com a finalidade de oferece novas possibilidades de oclusão, a qual faz com que os objetos virtuais, que estejam posicionados atrás de objetos reais, apareçam obstruídos na experiência do usuário como ocorre no mundo real.

Este trabalho limitou-se a desenvolver um modelo de aplicação e, portanto, ainda não foi testado em plenitude. Desta forma, sugere-se sua aplicação em trabalhos futuros com diferentes públicos e localidades para novos testes de desempenho e funcionalidade.

Seguem os acessos virtualizados para o vídeo de apresentação:
<https://drive.google.com/file/d/1Qwt8PHNkzVMUtPd7s9fmW7joKLSkJVVSJ/view?usp=sharing>.



REFERÊNCIAS

AIRES, R. W. A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. S. Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. **Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação – Ciei**, [Q.l.], v. 1, n. 1, set. 2017. ISSN 2318-5376. Disponível em: <<http://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciai/article/view/314>>. Acesso em: 28 maio 2020.

ALMEIDA, F. A. S.; ROSA, A. C. M.; SANTOS, D. S.; MORAES, J. G.; SANTOS NETO, S. T. INDÚSTRIA 4.0 e LOGÍSTICA 4.0: inovação, integração, soluções e benefícios reais decorrentes do mundo virtual. **X FATECLOG, Logística 4.0 e a sociedade do conhecimento**, Guarulhos, jun. 2019. Disponível em: <<http://fateclog.com.br/anais/2019/IND%C3%9ASTRIA%204.0%20E%20LOG%C3%8DSTICA%204.0%20INOVA%C3%87%C3%83O%2C%20INTEGRA%C3%87%C3%83O%2C%20SOLU%C3%87%C3%95ES%20E%20BENEF%C3%8DCIOS%20REAIS%20DECORRENTES%20DO%20MUNDO%20VIRTUAL.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

ALONSO, C. M., GALLEGO, D. J., HONEY, P. **Los estilos de aprendizaje procedimientos de diagnostico y mejora**. 7. ed. ICE de la Universidad de Deusto, 2011.

ARANTES, W. V. **Strategy to increase the area of interaction in augmented reality systems through the use of multiple cameras**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

ATAMURADOV, V.; MEDJAHAR, K.; DERSIN, P.; LAMOUREUX, B.; ZERHOUNI, N. Prognostics and health management for maintenance practitioners - Review, implementation and tools evaluation. **International Journal of Prognostics and Health Management**, v. 8, 2017.

BOTTANI, E.; VIGNALI, G. Augmented reality technology in the manufacturing industry: a review of the last decade. **IISE Transactions**, 51:3, p. 284-310, 2018.

CHEN, S.; LIN, L. Características dos membros da equipe de modelagem para a formação de uma equipe multifuncional em engenharia simultânea. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 51, n. 2, p. 111-124, 2004.

COŞKUN, S., KAYIKCI, Y., GENÇAY, E. Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. **Technologies**, 7(1), 10 Universidade Turca Alemã, Istambul, Turquia, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330281868_Adapting_Engineering_Education_to_Industry_40_Vision>. Acesso em: 07 nov. 2020.

DEY, S.; SARKAR, P. **Augmented reality based integrated intelligent maintenance system for production line**. v. 07-09, december-2016, p. 126-131, 2016. ISSN 9781450348638 (ISBN). Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0.085008205691&doi=10.1145%2f3014362.3014377&partnerID=40&md5=3a185110b1e587470c766731a010c67a>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 17, n. 56, p. 1116-1133, 2015. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/>>

[documentos/ver/38346/uma-analise-distintiva-entre-o-estudo-de-caso--a-pesquisa-acao-e-a-design-science-research->](#). Acesso em: 06 nov. 2020.

EGGER, J.; MASOOD, T. Augmented Reality in Support of Intelligent Manufacturing – A Systematic Literature Review. *Computers & Industrial Engineering*, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/337724832_Augmented_Reality_in_Support_of_Intelligent_Manufacturing_-_A_Systematic_Literature_Review>. Acesso em: 22 dez. 2020.

ENGELKE, T., KEIL, J., ROJTBERG, P., WIENTAPPER, F., SCHMITT, M., BOCKHOLT, U. **Content first: A concept for Industrial Augmented Reality Maintenance Applications using Mobile Devices**. *MMSys '15: Proceedings of the 6th ACM Multimedia Systems Conference*. 105–111, 2015. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2713168.2713169>>. Acesso em: 04 set. 2020.

ERKOYUNCU, J. A., DEL AMO, I. F., DALLE MURA, M., ROY, R., DINI, G. Improving efficiency of industrial maintenance with context aware adaptive authoring in augmented reality. *CIRP Annals*, 66(1), 465–468, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85017478850&doi=10.1016%2fj.cirp.2017.04.006&partnerID=40&md5=5fb8d4915904763a5ad4d87ec479ab19>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

FELDER, R.M.; SILVERMAN, L.K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engineering Education*, v. 7, n. 78, p. 674-681, apr. 1988.

FIORENTINO, M., UVA, A.E., GATTULLO, M., DEBERNARDIS, S. MONNO, G. Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. *Computers in Industry*, 65 (2), p 270–278, 2014.

_____. RADKOWSKI, R. Interação natural para documentação online em manutenção industrial. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 8 (1/2), 56, 2016. doi: 10.1504 / ijcaet.2016.073269.

FUMEO, E.; ONETO, L.; ANGUITA, D. Condition Based Maintenance in Railway Transportation Systems Based on Big Data Streaming Analysis. *Procedia Computer Science*, v. 53, p. 437–446, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915018244>. Acesso em: 27 dez. 2020.

GOLAŃSKI, P., PERZ-OSOWSKA, M. SZCZEKALA, M. A demonstration model of a mobile expert system with augmented reality user interface supporting M-28 aircraft maintenance. *Journal of Konbin*, 31(1), p. 23–30, 2014. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/287945047_A_Demonstration_Model_of_a_Mobile_Expert_System_with_Augmented_Reality_User_Interface_Supporting_M-28_Aircraft_Maintenace_Prototyp_Przenosnego_-_Ekspertowego_Systemu_Z_Rzeczywistoscia_Rozszerzona_Do_Ob>. Acesso em: 12 out. 2020.

HAVARD. V.; BAUDRY, D.; LOUIS, A.; MAZARI, B. Augmented Reality maintenance demonstrator and associated modelling. *IEEE Virtual Reality Conferency 2015*, 329–330, 2015. Disponível em:<<https://ieeexplore.ieee.org/document/7223429/references#references>>. Acesso em: 17 de nov. 2020.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A**

Literature Review. Business Engineering Institute St. Gallen. Lukasstr, 2016. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review>. Acesso em: 27 Set. 2020.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, 28(1), p. 75-105, 2004. Disponível em:<<https://aisel.aisnet.org/misq/vol28/iss1/6/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

INOUE, J. S.P., BITTENCOURT, M. V. A. R., PINTO, S. B., GERIBELLO, R. S., AMARANTE, M. S. INDÚSTRIA 4.0 - impactos da tecnologia da informação na nova indústria. **Revista Pesquisa e Ação**, 2019, v. 5, n. 1, p. 127-147. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/651> Acesso em: 29 jul. 2020.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. **Acatech**, p. 13-78, 2013. Disponível em: <<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. rev. ampl. Reimpr. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

KEEFE, J. W. **Assessing student learning styles: An overview**. Student learning styles and brain behavior, 1987, p. 43-53.

KEIRSEY, D. **Please Understand Me II: Temperament Character Intelligence**. Prometheus Nemesis Book Company, Del Mar, CA, 1998.

_____; BATES, M. **Please Understand Me: Character & Temperament Types**. Prometheus Nemesis Book Company, Del Mar, CA, U.S.A. 1984.

KIRNER, C.; TORI, R. Introdução à realidade virtual, realidade misturada e hiper-realidade. **Realidade virtual: conceitos e tendências**. [s.l: s.n.], 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/51743379/Introducao-a-Realidade-Virtual-Realidade-Misturada-e-Hiperrealidade>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

KOLB, D. A. **Experiential Learning: experience as the source of learning and Development**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1984.

_____; KOLB, A. Y. Experiential Learning Theory as a Guide for Experiential Educators in Higher Education. **ELTHE: A Journal for Engaged Educators**, Kaunakakai, v. 1, n. 1, p. 7-44, 2017.

KURI, N. P. **Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem: proposições para o ensino de engenharia**. São Carlos: UFSCar, 2004.

LACERDA, D. P; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001>. Acesso em: 15 set. 2020.

LAMBERTI, F., MANURI, F., PARAVATI, G., PIUMATTI, G. SANNA, A. Using semantics to automatically generate speech interfaces for wearable virtual and augmented reality applications. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, 47(1), p. 152–164, 2017.

_____; PESCADOR, F. Advanced Interaction and Virtual / Augmented Reality-Part II: A Look at Novel Applications. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, vol. 7, não. 3, pp. 62-63, maio de 2018,

LANHAM. M. **Learn ARCore** - Fundamentals of Google ARCore: Learn to build augmented reality apps for Android, Unity, and the web with Google ARCore 1.0. Reino Unido: Packet Publishing Ltd., 2018, p. 266.

LI, Z.; WANG, Y.; WANG, K.-S. Intelligent predictive maintenance for fault diagnosis and prognosis in machine centers: Industry 4.0 scenario. **Advances in Manufacturing**, 5(4), p. 377–387, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40436-017-0203-8> Acesso em: 29 dez. 2020.

MACCHIARELLA, N. D., VINCENZI, D. A. Augmented reality in a learning paradigm for flight aerospace maintenance training. **The 23rd Digital Avionics Systems Conference** (IEEE Cat. No.04CH37576), 2004.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista Ciência e Tecnologia** [on line], v. 11 n. 22 p. 35-42. jul./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.drb-assessoria.com.br/11Custodemanutencao.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3 ed. ver. ampl. São Paulo: Saraiva, 2015, p. 548.

McCARTHY, B. **The 4MAT System**: Teaching to Learning Styles with Right-Left Mode Techniques. Barrington, Ill: Excel, Inc.1987.

MONTANARI, R. L.; PILATTI, L. A.; LIMA, I. A.; ROMANO, C. A. A maturidade e o desempenho das equipes no ambiente produtivo. **Gest. Prod.** [online], v. 18, n. 2, p. 367-378, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2011000200011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23 set. 2020.

MONTERO, A.; ZARRAONANDIA, T.; DIAZ, P.; AEDO, I. Designing and implementing interactive and realistic augmented reality experiences. **Universal Access in the Information Society**, 2017.

MOSCOVICI, F. **Equipes dão certo: a multiplicação do talento**. 6. ed. Rio de Janeiro: José Olympio,1994.

MOURTZIS, D., VLACHOU, A. ZOGOPOULOS, V. Cloud-based augmented reality remote maintenance through shop-floor monitoring: A product-service system approach. **Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME**, 139(6), Article number 061011, 2017.

NEGES, M.; KOCH, C.; KÖNIG, M.; ABRAMOVICI, M. Combining visual natural markers

and IMU for improved AR based indoor navigation. **Advanced Engineering Informatics**, 31, p. 18–31, 2015.

NEVES, T. P. **Aprendizagem cooperativo-colaborativo**: uma abordagem na engenharia química. Campina grande – PB, 2018. 139 f. : il. color.

OLIVEIRA A.; CAETANO N.; BOTEGA L.C., DE ARAÚJO, R.B. Um Display Head-up com Realidade Aumentada e Gamificação para um Sistema de E-Manutenção: Usando Interfaces e Gamificação para Motivar Trabalhadores em Tarefas Processuais. Yamamoto S., Human Interface and the Management of Information. Informação e conhecimento em contexto. Springer, Cham. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 9173, 2015. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/275213033_Uma_Interface_de_Realidade_Aumentada_e_Head-Up_Display_para_a_E-Manutencao_com_aspectos_motivacionais_utilizando_interfaces_e_gamificacao_para_motivar_trabalhodes_em_tarefas_procedurais>. Acesso em: 15 out. 2020.

PASQUALI, L. **Os Tipos Humanos: A Teoria da Personalidade**. Editora CopyMarket.com. Série Avaliação e Medida. Brasília, 2000. Disponível em:<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4095860/mod_resource/content/0/personalidade3.pdf>. Acessado em: 07 out, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMOS, L. M. A. Os tipos psicológicos na psicologia analítica de Carl Gustav Yung e o inventário de personalidade “myers-briggs type indicator (MBTI)”: contribuições para a psicologia educacional, organizacional e clínica. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 137-180, jun. 2005.

RÜBMAN, M.; LORENZ, M.; WALDNER M., ENGEL, P.; HARNISCH, M.; JUSTUS, J. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group, apr. 2015. Disponível em:<https://www.bcg.com/ptbr/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries>. Acesso em: 12 out. 2019.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHLAGOWSKI, R., MERKEL, L., MEITINGER, C. Design of an assistant system for industrial maintenance tasks and implementation of a prototype using augmented reality. **IEEE International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management: IEEE IEEM2017**. Singapore, 294-298, 2017. Disponível em:<<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8289899>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SEGOVIA, D., MENDOZA, M., MENDOZA, E., GONZÁLEZ, E. Augmented Reality as a Tool for Production and Quality Monitoring. **Procedia Computer Science**, 75, 291–300, 2015. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915037114>>. Acesso em: 26 dez. 2020.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Série metódica Operacional**

(SMO): o ensino profissional para o aprender fazendo. Departamento regional de São Paulo. SENAI-SP Editora, 2012. 106 p.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Tradução de Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, M. L. R. **Personalidade e escolha profissional:** subsídios de Keirse e Bates para orientação vocacional. 1992, São Paulo: EPU, 0000. (Coleção Temas Básicos de Educação e Ensino).

SUBAKTI, H. an; JIANG, J. Indoor Augmented Reality Using Deep Learning for Industry 4.0 Smart Factories. **IEEE. 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)**, Tokyo, p. 63-68, 2018.

TENBERG, R.; PITTICH, D. Ausbildung 4.0 oder nur 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. **Journal of Technical Education (JOTED)**. ISSN 2198-0306 Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de> Band 5, 1. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342693261_Ausbildung_40_oder_nur_12_Analyse_eines_technisch_betrieblichen_Wandels_und_dessen_Implikationen_fur_die_technische_Berufsausbildung Acesso em: 16 jun. 2020.

TESSARINI, G.; SALTORATO, P. Impactos da Indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção** [Online], Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 743-769, jun. 2018. ISSN 16761901. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967> Acesso em: 07 jun. 2020.

TORI, R. **Educação sem distância:** as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. São Paulo: Editora Senac, 2010.

_____; HOUNSELL, M. S. **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada.** Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

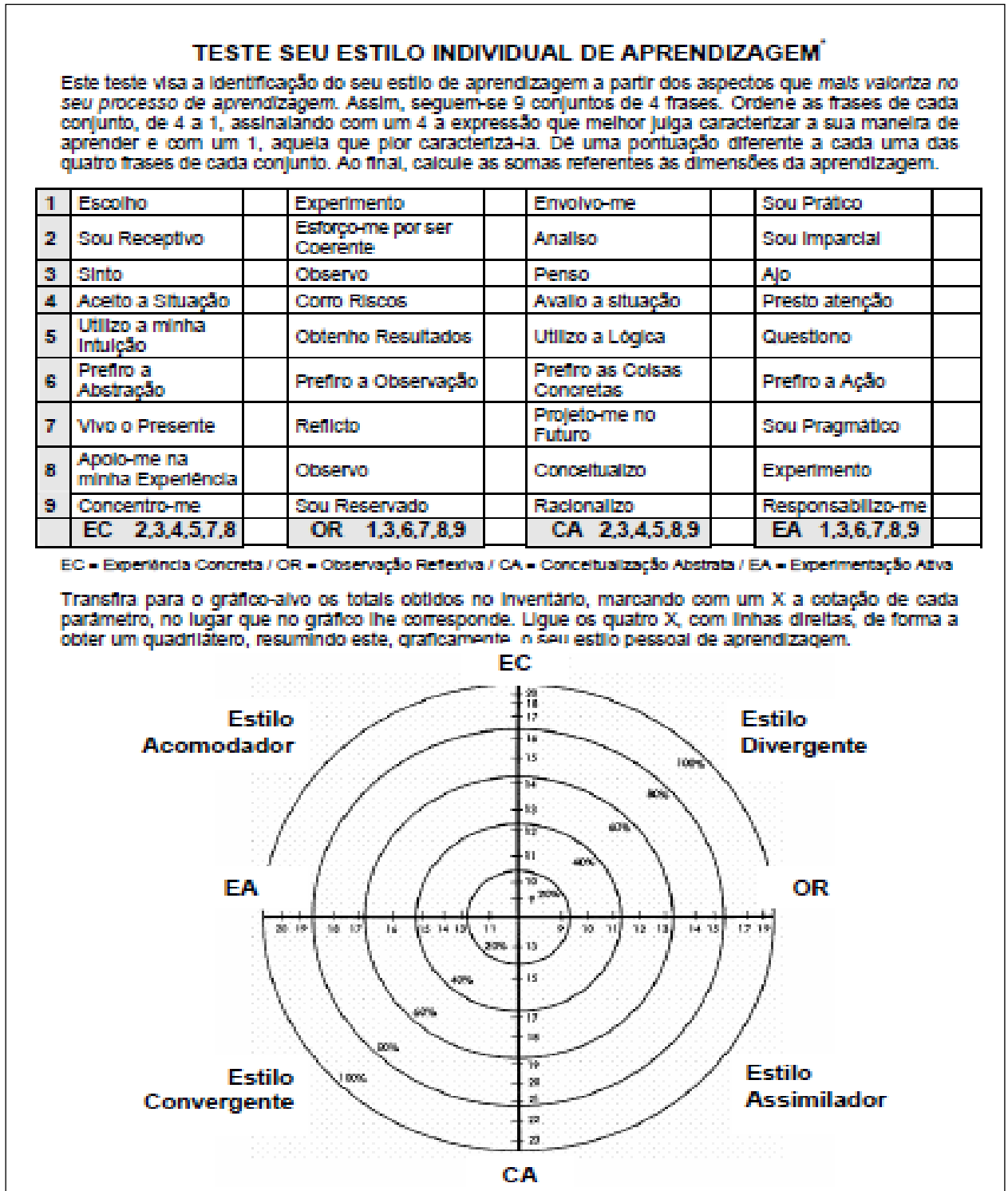
TREVELIN, A. T. C. **A relação professor aluno estudada sob a ótica dos estilos de aprendizagem:** análise em uma Faculdade de Tecnologia - Fatec. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2007.

UPASANI, K.; BAKSHI, M.; PANDHARE, V.; LAD, B.K. Distributed Maintenance Planning in Manufacturing Industries. **Computers & Industrial Engineering**, v. 108, p. 1-14, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835217301237> Acesso em: 26 dez. 2020.

ZHURAVLOV-GALCHENKO, A. **Seis ferramentas principais para construir aplicativos móveis de realidade aumentada.** InfoQ, 2018. Disponível em: <https://www.infoq.com/articles/augmented-reality-best-skds> Acesso em: 11 jun. 2020.

ANEXO 1 - TESTE KLSI (KOLB, 1984)

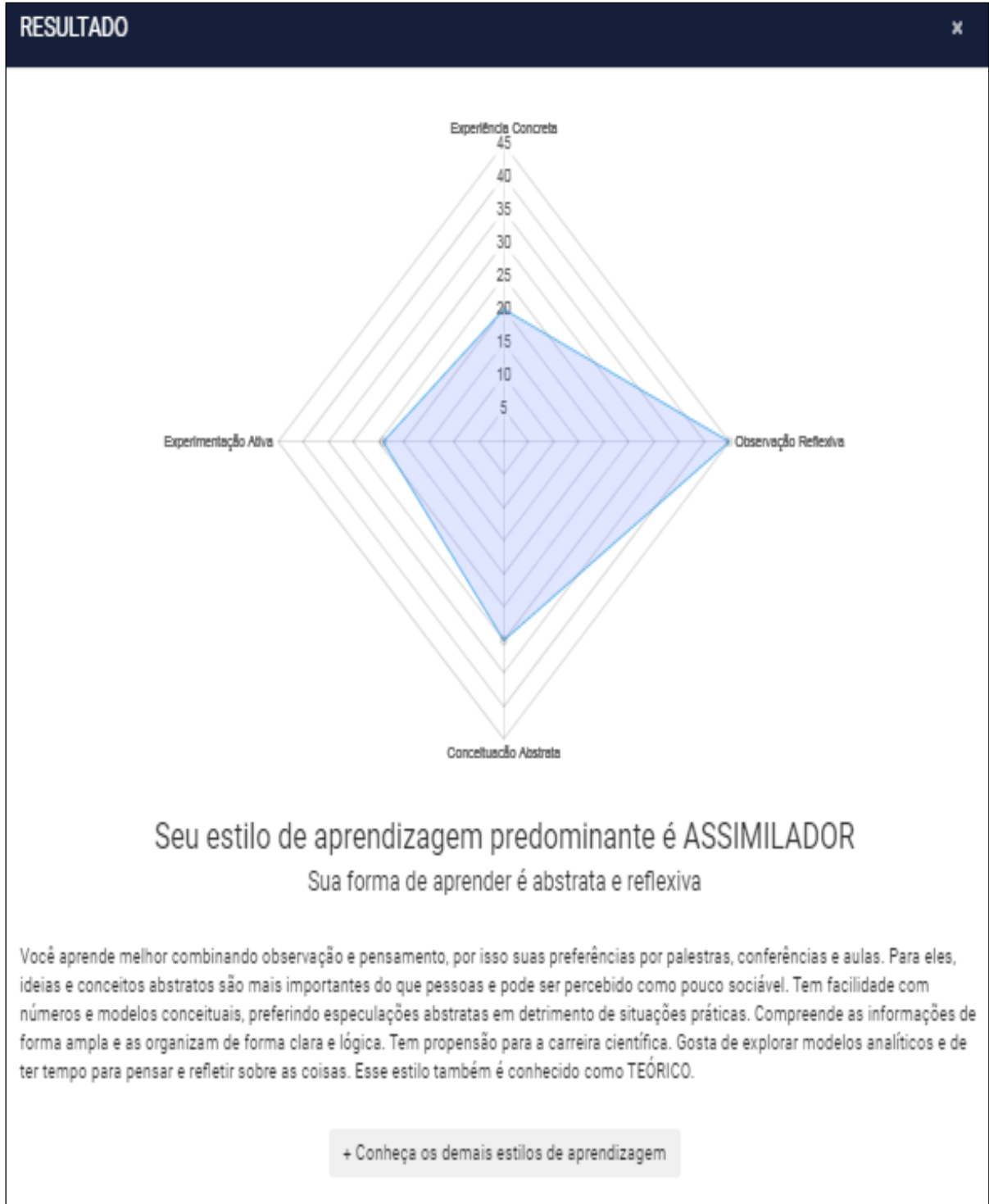
Figura 20: Kolb Learning Style Inventor.



Fonte: https://www.ufjf.br/eep/files/2011/03/7_Estilo_Individual_de_Aprendizagem_KOLB.pdf

ANEXO 2 - EXEMPLO DE RESULTADO DO TESTE KLSI

Figura 21: Resultado de teste KLSI de um dos indivíduos.



Fonte: <http://www.cchla.ufpb.br/ccmd/aprendizagem/>

ANEXO 3 - LISTA DE DISPOSITIVOS COMPATÍVEIS COM SDK *ARCORE*

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore.

Manufacturer	Model	Notes
Asus	ROG Phone	
Asus	ROG Phone II	
Asus	ROG Phone III	Supports Depth API
Asus	Zenfone 6	
Asus	Zenfone 7/7 Pro	
Asus	Zenfone AR	
Asus	Zenfone ARES	
Fujitsu	Arrows 5G	Supports Depth API
Fujitsu	F52A	
General Mobile	GM 9 Plus	
Google	Nexus 5X	Requires Android 8.0 or later
		<u>Not currently included in the CSV file provided by the Google Play Console</u>
Google	Nexus 6P	Requires Android 8.0 or later
Google	Pixel	
Google	Pixel XL	
Google	Pixel 2	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 2 XL	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 3	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera
		When 60 fps camera capture mode is active, the camera uses fixed focus
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 3 XL	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera
		When 60 fps camera capture mode is active, the camera uses fixed focus
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Google	Pixel 3 ^a	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 3a XL	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 4	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera on Android 10 Dec 2019 OTA or later
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 4 XL	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera on Android 10 Dec 2019 OTA or later
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Google	Pixel 4 ^a	Supports Depth API
Google	Pixel 4a 5G	Supports Depth API
Google	Pixel 5	Supports 60 fps camera capture frame rate on the rear-facing camera
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
HMD Global	Nokia 6 (2018)	Also known as Nokia 6.1
HMD Global	Nokia 6.1 Plus	
HMD Global	Nokia 6.2	Requires Android 10.0 or later
HMD Global	Nokia 7 Plus	
HMD Global	Nokia 7.1	
HMD Global	Nokia 7.2	Requires Android 10.0 or later
HMD Global	Nokia 8	Requires Android 8.0 or later
HMD Global	Nokia 8 Sirocco	
HMD Global	Nokia 8.1	
HMD Global	Nokia 8.3 5G	
Huawei	Honor 8X	
Huawei	Honor 10	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	Honor View 10 Lite	
Huawei	Honor V20	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	Mate 20 Lite	Supports Depth API
Huawei	Mate 20	Supports Depth API

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Huawei	Mate 20 Pro	Supports Depth API
Huawei	Mate 20 X	Supports Depth API
Huawei	Nova 3	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	Nova 3i	Supports Depth API
Huawei	Nova 4	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	P20	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	P20 Pro	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Huawei	P30	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	P30 Pro	Supports multiple GPU texture resolutions - 2048x1536, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Huawei	Porsche Design Mate RS	
Huawei	Porsche Design Mate 20 RS	
Huawei	Y9 2019	
Infinix Mobile	Note 6	
Infinix Mobile	Note 7	
Infinix Mobile	Zero 8	
Kyocera	Torque G04	
LG	G6	Requires Android 8.0 or later
LG	G7 Fit	
LG	G7 One	
LG	G7 ThinQ	ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	G8 ThinQ	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
LG	G8S ThinQ	
LG	G8X ThinQ	Supports Depth API
LG	G Pad 5 10.1 FHD	
LG	K61	
LG	K71	
LG	K92	Supports Depth API

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

LG	Q6	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
LG	Q70	
LG	Q8	
LG	Q92	Supports Depth API
LG	style2	ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	style3	
LG	Stylo 5	
LG	Stylo 6	
LG	V30	Requires Android 8.0 or later
		ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	V30+	Requires Android 8.0 or later
		ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	V30+ JOJO	Requires Android 8.0 or later
		ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	LG Signature Edition 2017	Requires Android 8.0 or later
		ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	V35 ThinQ	ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
		Supports Depth API
LG	LG Signature Edition 2018	ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	V40 ThinQ	ARCore uses the wide angle fixed focus rear facing camera for AR tracking
LG	V50 ThinQ	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
LG	V50S ThinQ	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
LG	LG Signature Edition 2019	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
LG	V60 ThinQ 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
LG	VELVET 5G	Supports Depth API
LG	WING 5G	Supports Depth API
Motorola	moto g ⁵ s plus	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Motorola	moto g ⁶	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁶ plus	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁷	
Motorola	moto g ⁷ play	
Motorola	moto g ⁷ plus	
Motorola	moto g ⁷ power	
Motorola	moto g ⁷ play	
Motorola	moto g ⁸	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁸ play	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁸ plus	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁸ power	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁸ power lite	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g ⁹ play	
Motorola	moto g ⁹ plus	
Motorola	moto g power	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g pro	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	moto g stylus	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	motorola edge	
Motorola	motorola edge plus	Supports Depth API
Motorola	motorola one	
Motorola	motorola one 5G	
Motorola	motorola one action	
Motorola	motorola one fusion+	
Motorola	motorola one hyper	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Motorola	motorola one macro	
Motorola	motorola one power	
Motorola	motorola one vision	
Motorola	motorola one zoom	
Motorola	moto x ⁴	Requires Android 8.0 or later
Motorola	moto z ² force	Requires Android 8.0 or later
Motorola	moto z ³	
Motorola	moto z ³ play	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Motorola	moto z ⁴	
OnePlus	OnePlus 3T	Requires Android 8.0 or later
OnePlus	OnePlus 5	
OnePlus	OnePlus 5T	
OnePlus	OnePlus 6	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 6T	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 7	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 7 Pro	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 7 Pro 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 7T	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 7T Pro	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 8	Supports Depth API
OnePlus	OnePlus 8 Pro	Supports Depth API
OnePlus	OnePlus Nord	Supports Depth API
Oppo	A52	
Oppo	A72	
Oppo	A72 5G	
Oppo	A92	
Oppo	A92s	
Oppo	F11 Pro	
Oppo	F15	
Oppo	F17 Pro	
Oppo	Find X2	Supports Depth API
Oppo	Find X2 Pro	Supports Depth API
Oppo	K3	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Oppo	K5	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Oppo	R17 Pro	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Oppo	Reno	
Oppo	Reno2	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Oppo	Reno2 F	
Oppo	Reno2 Z	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Oppo	Reno3	
Oppo	Reno3 5G	Supports Depth API
Oppo	Reno3 A	
Oppo	Reno3 Pro	
Oppo	Reno3 Pro 5G	
Oppo	Reno4 4G	
Oppo	Reno 10x Zoom	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Oppo	Reno A	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Oppo	Reno Z	
Realme	5	
Realme	5 Pro	
Realme	6	
Realme	6 Pro	
Realme	7	
Realme	7i	
Realme	7 Pro	
Realme	Narzo 20 Pro	
Realme	Q	
Realme	X	
Realme	X Lite	
Realme	XT	
Realme	X2	
Realme	X2 Pro	
Realme	X3 Super Zoom	
Realme	X7 Pro 5G	
Realme	X50 Pro	
Realme	X50t 5G	
Samsung	Galaxy A3 (2017)	Requires Android 8.0 or later
		ARCore always runs with auto focus mode enabled on the rear facing camera
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Samsung	Galaxy A5 (2017)	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 960x720, 480p
Samsung	Galaxy A6 (2018)	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Samsung	Galaxy A7 (2017)	Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
Samsung	Galaxy A7 (2018)	Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
		Requires Android 9.0 or later
Samsung	Galaxy A8	
Samsung	Galaxy A8+ (2018)	
Samsung	Galaxy A20	
Samsung	Galaxy A20s	
Samsung	Galaxy A20e	
Samsung	Galaxy A30	
Samsung	Galaxy A30s	
Samsung	Galaxy A31	
Samsung	Galaxy A40	
Samsung	Galaxy A41	
Samsung	Galaxy A50	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Samsung	Galaxy A50s	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Samsung	Galaxy A51	
Samsung	Galaxy A51 5G	
Samsung	Galaxy A60	
Samsung	Galaxy A70	
Samsung	Galaxy A70s	Requires Android 10 or later
Samsung	Galaxy A71	
Samsung	Galaxy A71 5G	
Samsung	Galaxy A80	Supports Depth API
Samsung	Galaxy A90 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy Fold	
Samsung	Galaxy Z Fold2 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy J5 (2017)	SM-J530 models
		Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
		Supports multiple GPU texture resolutions - 960x720, 480p
Samsung	Galaxy J5 Pro	SM-J530 models
		Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
		Supports multiple GPU texture resolutions - 960x720, 480p
Samsung	Galaxy J7 (2017)	SM-J730 models
		Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
		Certain models only support OpenGL ES 3.1 and earlier
Samsung	Galaxy J7 Pro	SM-J730 models
		Some models only support OpenGL ES 3.0 and earlier
		Certain models only support OpenGL ES 3.1 and earlier
Samsung	Galaxy M21	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Samsung	Galaxy M30s	
Samsung	Galaxy M31	
Samsung	Galaxy M31s	
Samsung	Galaxy M51	
Samsung	Galaxy Note8	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note9	Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note10	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note10 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note10+	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note10+ 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note10 Lite	
Samsung	Galaxy Note20 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy Note20 Ultra 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy S7	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Samsung	Galaxy S7 edge	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Samsung	Galaxy S8	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S8+	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S9 Exynos	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S9 Qualcomm	Supports multiple GPU texture resolutions - 2048x1536, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S9+ Exynos	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Samsung	Galaxy S9+ Qualcomm	Supports multiple GPU texture resolutions - 2048x1536, 1280x960, 480p Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10e Exynos	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10e Qualcomm	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10 Exynos	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10 Qualcomm	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10+ Exynos	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10+ Qualcomm	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
		Supports Depth API
Samsung	Galaxy S10 Lite	
Samsung	Galaxy S20	Supports Depth API
Samsung	Galaxy S20+ 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy S20 Fan Edition	
Samsung	Galaxy S20 Ultra 5G	Supports Depth API
Samsung	Galaxy Tab A7	
Samsung	Galaxy Tab Active 3	
Samsung	Galaxy Tab Active Pro	
Samsung	Galaxy Tab S3	ARCore always runs with auto focus mode enabled on the rear facing camera
Samsung	Galaxy Tab S4	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 960x720, 480p
Samsung	Galaxy Tab S5e	
Samsung	Galaxy Tab S6	
Samsung	Galaxy Tab S6 Lite	
Samsung	Galaxy Tab S7	Supports Depth API
Samsung	Galaxy Tab S7+	Supports Depth API
Samsung	Galaxy XCover Pro	
Samsung	Galaxy Z Flip	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Samsung	Galaxy Z Flip 5G	Supports Depth API
Sharp	AQUOS R3	
Sharp	AQUOS R5G	
Sharp	AQUOS sense3	
Sharp	AQUOS sense3 basic	
Sharp	AQUOS sense3 plus	
Sharp	AQUOS sense4	
Sharp	AQUOS sense4 basic	
Sharp	AQUOS sense4 lite	
Sharp	AQUOS zero2	
Sharp	AQUOS zero5G basic	
Sharp	AQUOS zero5G basic DX	
Sharp	S7	
Sony	Xperia XZ Premium	Requires Android 8.0 or later
		Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Sony	Xperia XZ1	Requires Android 8.0 or later
Sony	Xperia XZ1 Compact	Requires Android 8.0 or later
Sony	Xperia XZ2	Requires Android 8.0 or later with software update after Aug 2018 (security patch level 2018-08-05 or later)
		Supports Depth API
Sony	Xperia XZ2 Compact	Requires Android 8.0 or later with software update after Aug 2018 (security patch level 2018-08-05 or later)
		Supports Depth API
Sony	Xperia XZ2 Premium	Requires Android 8.0 or later with software update after Aug 2018 (security patch level 2018-08-05 or later)
		Supports Depth API
Sony	Xperia XZ3	Supports Depth API
Sony	Xperia 1	
Sony	Xperia 1 Professional Edition	
Sony	Xperia 1 II	Supports Depth API
Sony	Xperia 5	Supports Depth API
Tecno	Camon 12 Pro	
Tecno	Camon 16 Premier	
Tecno	Camon 16 Pro	
Tecno	Phantom 9	
Umx(Ultimate Mobile Experience)	U3AR	Device without Front Camera, doesn't support ARCore Front Camera

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Vivo	Nex 3	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Vivo	Nex 3 5G	Supports multiple GPU texture resolutions - 1440x1080, 1280x960, 480p
Vivo	NEX S	
Vivo	NEX Dual Display Edition	
Vivo	iQOO 3 4G	
Vivo	iQOO 3 5G	
Vivo	V17	
Vivo	X23	
Vivo	X50	
Vivo	X50 Pro	
Vivo	X50e 5G	
Wiko	View 3 Pro	
Xiaomi	Mi 8	
Xiaomi	Mi 8 SE	
Xiaomi	Mi 9	
Xiaomi	Mi 9 Lite	
Xiaomi	Mi 9 SE	
Xiaomi	Mi 10	
Xiaomi	Mi 10 Lite 5G	
Xiaomi	Mi 10 Lite Zoom	
Xiaomi	Mi 10 Pro	
Xiaomi	Mi A3	
Xiaomi	Mi Mix 2S	Supports multiple GPU texture resolutions - 1920x1440, 1280x960, 480p
Xiaomi	Mi Mix 3	
Xiaomi	Mi Note 10	
Xiaomi	Mi Note 10 Lite	
Xiaomi	Pocophone F1	Supports Depth API
Xiaomi	POCO X2	
Xiaomi	POCO X3	
Xiaomi	POCO X3 NFC	
Xiaomi	POCO M2 Pro	
Xiaomi	Redmi K20	
Xiaomi	Redmi K20 Pro	
Xiaomi	Redmi K30	4G version only
Xiaomi	Redmi K30 Pro	
Xiaomi	Redmi Note 7	Supports multiple GPU texture resolutions - 1080p, 720p, 480p
Xiaomi	Redmi Note 7 Pro	

Quadro 16: Dispositivos compatíveis com ARCore. (Continuação)

Xiaomi	Redmi Note 8	
Xiaomi	Redmi Note 8 Pro	
Xiaomi	Redmi Note 8T	
Xiaomi	Redmi Note 9 Pro	
Xiaomi	Redmi Note 9 Pro Max	
Xiaomi	Redmi Note 9S	
Zebra	TC52 WLAN Touch Computer	
Zebra	TC57 WWAN Touch Computer	
Zebra	TC72 WLAN Touch Computer	
Zebra	TC77 WWAN Touch Computer	

Fonte: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>

ANEXO 4 - DISPOSITIVOS ANDROID COMPATÍVEIS COM RA

Quadro 17: Dispositivos Android compatíveis para desenvolvimento RA.

Fabricante	Modelo	Notas
Huawei	Honra 10	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	Honor Magic 2	
Huawei	Honor V20	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p
Huawei	Maimang 7	
Huawei	Mate 20	Suporta API de profundidade
Huawei	Mate 20 Pro	
Huawei	Mate 20 X	Suporta API de profundidade
Huawei	Nova 3	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	Nova 3i	
Huawei	Nova 4	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	P20	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	P20 Pro	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p
Huawei	P30	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	P30 Pro	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 2048x1536, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Huawei	Porsche Design Mate RS	
Huawei	Porsche Design Mate 20 RS	
Oppo	K5	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p
Oppo	Reno	
Oppo	Reno 10x Zoom	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p
Oppo	Reno Ace	Suporta API de profundidade
Oppo	Reno Ace 2	
Oppo	Reno Z	
Oppo	Reno2	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p
Oppo	Reno2 Z	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p
Realme	Q	
Realme	X	
Realme	X Lite	
Realme	X2	

Quadro 17: Dispositivos Android compatíveis com RA. (Continuação)

Realme	X2 Pro	
Realme	X3	
Realme	X50 Pro Player	
Realme	X7 5G	
Realme	X7 Pro 5G	
Realme	V5 5G	
Samsung	Galaxy Note9	
Samsung	Galaxy S9 Exynos	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Samsung	Galaxy S9 Qualcomm	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 2048x1536, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Samsung	Galaxy S9 + Exynos	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Samsung	Galaxy S9 + Qualcomm	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 2048x1536, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Samsung	Galaxy S10e Exynos	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Samsung	Galaxy S10e Qualcomm	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Samsung	Galaxy S10 Exynos	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Samsung	Galaxy S10 Qualcomm	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Suporta Depth API
Samsung	Galaxy S10 + Exynos	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Samsung	Galaxy S10 + Qualcomm	Compatível com várias resoluções de textura de GPU - 1440x1080, 1280x960, 480p Compatível com API de profundidade
Samsung	Galaxy S10 5G	Suporta múltiplas resoluções de textura de GPU - 1080p, 720p, 480p Suporta API Depth
Vivo	iQOO	
Vivo	iQOO Neo3 5G	
Vivo	iQOO U1	
Vivo	iQOO Z1x	
Vivo	NEX S	
Vivo	NEX 3 4G / 5G	
Vivo	S7 5G	
Vivo	X23	
Vivo	X50 5G	
Vivo	X50 Pro	
Vivo	X50 Pro +	

Quadro 17: Dispositivos Android compatíveis com RA. (Continuação)

Vivo	Y51s	
Vivo	Y70s	
Xiaomi	Mi Mix 2S	Suporta várias resoluções de textura de GPU - 1920x1440, 1280x960, 480p
Xiaomi	Mi Mix 3	
Xiaomi	Mi 8 SE	
Xiaomi	Mi 8 SE	
Xiaomi	Mi 9	
Xiaomi	Mi 10 Ultra	

Fonte: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices.2019>

ANEXO 5 - DISPOSITIVOS IOS COMPATÍVEIS COM RA

Quadro 18: Dispositivos IOS compatíveis para desenvolvimento RA.

Produtos	Modelo
Iphone	iPhone 11
Iphone	11 Pro
Iphone	11 Pro Max
Iphone	iPhone XR
Iphone	iPhone XS e XS Max
Iphone	iPhone X
Iphone	iPhone 8 e 8 Plus
Iphone	iPhone 7 e 7 Plus
Iphone	iPhone 6S e 6S Plus
Iphone	iPhone SE
IPad	iPad Air 3ª geração
IPad	iPad mini 5ª geração
IPad	12,9 pol. iPad Pro (1ª geração)
IPad	12,9 pol. iPad Pro (2ª geração)
IPad	12,9 pol. iPad Pro (3ª geração)
IPad	11 pol. iPad Pro
IPad	10,5 pol. iPad Pro
IPad	9,7 pol. iPad Pro
IPad	iPad (7ª geração)
IPad	iPad (6ª geração)
IPad	iPad (5ª geração)
IPod	iPod touch (7ª geração)

Fonte: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices,2019>