

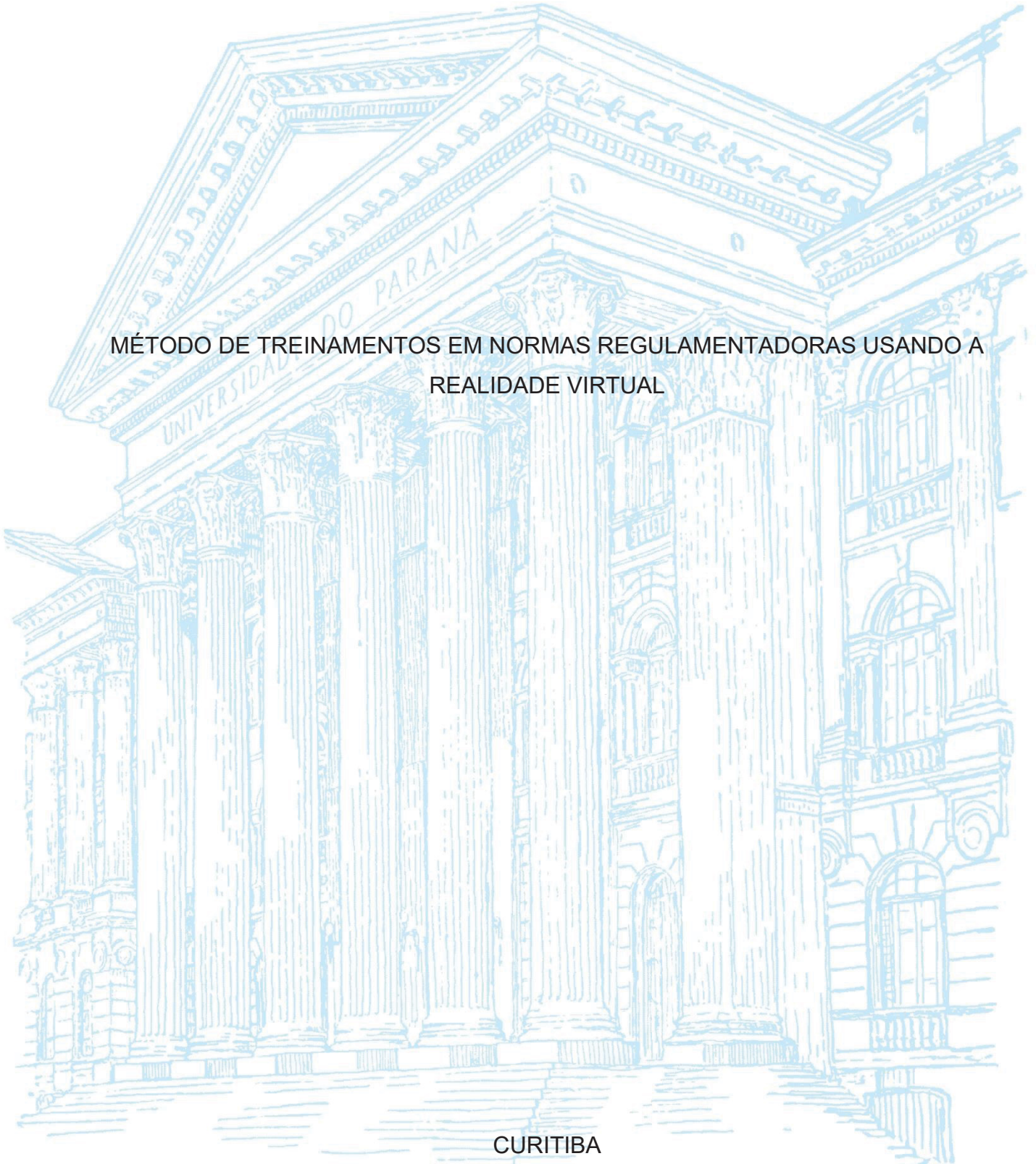
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SILVIO MARCOS BRAZ

MÉTODO DE TREINAMENTOS EM NORMAS REGULAMENTADORAS USANDO A  
REALIDADE VIRTUAL

CURITIBA

2023



SILVIO MARCOS BRAZ

MÉTODO DE TREINAMENTOS EM NORMAS REGULAMENTADORAS  
USANDO A REALIDADE VIRTUAL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Manufatura, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Catapan

Co-orientador: Prof. Dr. Claudimir José Rebeyka

CURITIBA  
2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Braz, Silvio Marcos

Método de treinamentos em normas regulamentadoras usando a realidade virtual. / Silvio Marcos Braz. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan.

Coorientador: Prof. Dr. Claudimir José Rebeyka

1. Normas. 2. Realidade virtual. 3. Ambientes virtuais compartilhados (Imersão). I. Catapan, Márcio Fontana. II. Rebeyka, Claudimir José. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
MANUFATURA - 40001016171P2

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE MANUFATURA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **SILVIO MARCOS BRAZ** intitulada: **MÉTODO DE TREINAMENTOS EM NORMAS REGULAMENTADORAS USANDO A REALIDADE VIRTUAL**, sob orientação do Prof. Dr. MARCIO FONTANA CATAPAN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 15 de Dezembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:18:29.0

MARCIO FONTANA CATAPAN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

11/01/2023 15:36:10.0

ALESSANDRO MARQUES

Avaliador Externo (DEPARTAMENTO DE ENG. MECÂNICA UFPR)

Assinatura Eletrônica

25/01/2023 13:45:00.0

CHRISTIAN SCAPULATEMPO STROBEL

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:11:37.0

INGRID WINKLER

Avaliador Externo (CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC)

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 20:14:32.0

CLAUDIMIR JOSÉ REBEYKA

Coorientador(a) (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Avenida Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 100 - Curitiba - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3123 - E-mail: ufprppgem@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 243593

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 243593**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antenor e Zilá,  
minha filha Eduarda e  
minha esposa Cristiane.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Márcio Catapan, por todo o seu suporte, dedicação e contribuições para elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal do Paraná por fornecer todos os recursos necessários para o desenvolvimento de um ensino de qualidade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura.

Aos meus pais que considero exemplo de vida e que sempre me incentivaram a estudar e a me desenvolver profissionalmente.

À minha esposa e filha que sempre me incentivaram, motivaram e me suportaram em todos os momentos de dificuldade que aconteceram durante este mestrado.



## RESUMO

Com o advento da pandemia por covid-19 vivenciada nos últimos tempos, os métodos tradicionais de capacitação profissional precisaram ser rapidamente adaptados, visando minimizar o impacto causado pela restrição de contato físico entre as pessoas. Plataformas *online* como *Teams*, *Zoom* e *Meet*, foram largamente utilizadas à nível mundial como uma alternativa rápida em processos de capacitação, porém, não tão eficazes quando se trata de capacitação em normas regulamentadoras, as quais exigem aplicações práticas e personalizadas de acordo com cada norma. Desta maneira, esta pesquisa propõe um método de capacitação em normas regulamentadoras, obrigatórias no Brasil, utilizando a virtualização imersiva, visando a melhora da retenção do conhecimento do aluno se comparada aos modelos *online* tradicionais. Os parâmetros para o desenvolvimento e aplicação deste trabalho, são formados pela digitalização usando a captura da realidade com equipamento laser scanner, seguido da modelagem utilizando softwares diversos de engenharia e por fim a aplicação da realidade virtual, com base em cada particularidade e exigência de cada norma regulamentadora. A justificativa é embasada pela comprovação da preferência pelas capacitações na modalidade virtual nas empresas pesquisadas a partir do início do período pandêmico, comparando com a modalidade presencial, o que motiva o desenvolvimento de um método imersivo que proporcione um aumento da eficácia desta modalidade. Na conclusão final do trabalho, apresenta-se um comparativo entre os métodos tradicionais e o proposto, comprovando a eficácia da metodologia, onde 96% dos entrevistados responderam que recomendariam em suas empresas a utilização da virtualização imersiva na realização de treinamentos, dentre outras avaliações relevantes observadas no capítulo de resultados.

Palavras-chave: Normas Regulamentadoras. Digitalização. Imersão. Virtualização.

## ABSTRACT

With the advent of the covid-19 pandemic experienced in recent times, traditional methods of professional training needed to be quickly adapted, in order to minimize the impact caused by the restriction of physical contact between people. *Online* platforms such as *Teams*, *Zoom* and *Meet* have been widely used worldwide as a quick alternative in training processes, however, they are not as effective when it comes to training in regulatory standards, which require practical and personalized applications according to each standard. By this way, this research proposes a method of training in regulatory standards, mandatory in Brazil, using immersive virtualization, aiming to improve student knowledge retention when compared to traditional *online* models. The parameters for the development and application of this work are formed by digitalization using the capture of reality with laser scanner equipment, followed by modeling using various engineering software and finally the application of virtual reality, based on each particularity and requirement of each regulatory standard.. The justification is based on the evidence of preference for training in the virtual modality in the companies surveyed from the beginning of the pandemic period, compared to the face-to-face modality, which motivates the development of an immersive method that provides an increase in the effectiveness of this modality. In the final conclusion of the work, a comparison is presented between the traditional methods and the proposed one, proving the effectiveness of the methodology, where 96% of those recommended responded that they would recommend the use of immersive virtualization in their companies in carrying out training, among other projections considered in the results chapter.

Keywords: Regulatory Norms. Digitalization. Immersion. Virtualization.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - COMPARATIVO DA QUANTIDADE DE ALUNOS TREINADOS.....	15
FIGURA 2 - COMPARATIVO DA QUANTIDADE ALUNOS NO MODO <i>ONLINE</i> .....	16
FIGURA 3 - EIXOS TEMÁTICOS DA SEGURANÇA DO TRABALHO.....	21
FIGURA 4 - O NOVO CONCEITO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO.....	27
FIGURA 5 - FLUXO PARA DESENVOLVIMENTO DO TREINAMENTO.....	33
FIGURA 6 - EQUIPAMENTO LASER SCANNER.....	36
FIGURA 7 - EQUIPAMENTO LASER SCANNER DURANTE CAPTURA.....	36
FIGURA 8 - EQUIPAMENTO A LASER DURANTE COLETA DE CAMPO.....	37
FIGURA 9 - AMBIENTES MODELADOS EM REVIT, INVENTOR E 3DS MAX.....	38
FIGURA 10 - TREINAMENTO SENDO MINISTRADO.....	39
FIGURA 11 - MÁQUINAS EM AMBIENTE IMERSIVO.....	40
FIGURA 12 - ÓCULOS DE REALIDADE VIRTUAL UTILIZADO, MODELO RIFT-S.....	41
FIGURA 13 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO EM UMA PRENSA.....	42
FIGURA 14 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO EM CÉLULA INDUSTRIAL.....	43
FIGURA 15 – IMAGENS DA ÁREA UTILIZADA PARA O TREINAMENTO EM ALTURA.....	45
FIGURA 16 – AMBIENTE EM NUVEM DE PONTOS UTILIZADO.....	46
FIGURA 17 – TREINAMENTO PRÁTICO SENDO APLICADO.....	47
FIGURA 18 – RESULTADO REFERENTE AO CONTATO COM A TECNOLOGIA.....	49
FIGURA 19 – RESULTADO REFERENTE À DIFICULDADE DE MANUSEIO.....	49
FIGURA 20 – ANÁLISE DO ENTENDIMENTO DO CONTEÚDO UTILIZANDO A IMERSÃO.....	50
FIGURA 21 – ANÁLISE DA ASSERTIVIDADE EM TREINAMENTOS DE NR-33 E NR-35 ...	51
FIGURA 22 – ANÁLISE DA SENSAÇÃO DE VERTIGEM DOS ALUNOS.....	52
FIGURA 23 – ANÁLISE DO FATOR DISPERSÃO.....	53
FIGURA 24 – ANÁLISE DA INIBIÇÃO DA DISTRAÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO.....	53
FIGURA 25 – ANÁLISE DA REDUÇÃO DOS RISCOS.....	54
FIGURA 26 – ANÁLISE DA VIABILIDADE.....	55

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - TABELA COMPARATIVA DA QUANTIDADE ALUNOS <i>ONLINE</i> .....	17
--	----

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - <i>STRINGS</i> DE BUSCA NAS BASES DE DADOS.....	28
QUADRO 2 - ÁREAS SELECIONADAS PARA A PESQUISA .....	29
QUADRO 3 – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS EM PERÍODO INFERIOR A CINCO ANOS .....	30
QUADRO 4 – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS EM PERÍODO SUPERIOR A CINCO ANOS.....	31

## **LISTA DE SIGLAS**

AVEA - Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem

NR – Norma Regulamentadora

AR – Augmented Reality – Realidade Aumentada

VR – Virtual Reality – Realidade Virtual

STA – Sistema Tutor Afetivo

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

DSR – Design Science Research

# CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	13
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	14
1.3. JUSTIFICATIVA .....	14
1.4. OBJETIVOS .....	17
1.5. PRODUTO TECNOLÓGICO .....	18
1.6. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO .....	19
1.6.1. Contribuições para a academia .....	19
1.6.2. Contribuições para a indústria .....	20
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>21</b>
2.1. A SEGURANÇA DO TRABALHO .....	21
2.2. A DIGITALIZAÇÃO INDUSTRIAL .....	23
<b>3. ABORDAGEM METODOLÓGICA .....</b>	<b>28</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
4.1. ETAPA DE COLETA DE INFORMAÇÕES .....	34
4.2. ETAPA DE CAPTURA DA REALIDADE .....	35
4.3. ETAPA DE MODELAGEM .....	37
4.4. ETAPA DA REALIDADE VIRTUAL .....	39
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>44</b>
5.1. APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO PROPOSTO .....	44
5.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA .....	48
5.3. COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	48
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
6.1. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de capacitação profissional em normas regulamentadoras sempre foi e sempre será latente, pois, além de ser uma exigência legal no país, é o que possibilita apresentar ao trabalhador os perigos e riscos presentes em determinada operação, possibilitando através de ações, procedimentos e atitudes, atuar preventivamente evitando a ocorrência de acidentes de trabalho.

Para Zheng e Chook (2019), treinamentos de segurança são essenciais para realizar trabalhos de risco.

Não basta que máquinas, equipamentos, sistemas e instalações estejam seguros através de medidas e conceitos de engenharia, se efetivamente quem os utiliza não percebe adequadamente os riscos a que está exposto. Ao se analisar a quantidade de acidentes e doenças ocupacionais que ainda são registrados no Brasil, torna-se cada vez mais evidente que além das medidas técnicas, as ações de capacitações previstas nas normas regulamentadoras, sejam cada vez mais necessárias em nossa cultura prevencionista.

Com o evento da pandemia por Covid-19, as capacitações presenciais foram duramente impactadas, pois as reuniões com exposição dos colaboradores foram temporariamente abolidas dos calendários corporativos. Novo padrão este que, em grande parte das organizações, já está e continuará sendo um novo conceito para as capacitações, ou seja, eliminar ou reduzir ao máximo a exposição presencial.

A utilização das plataformas digitais na execução de treinamentos remotos, onde podem ser citadas algumas como *Teams*, *Skype*, *Zoom*, *Google Meet*, entre outras, tiveram um crescimento exponencial jamais visto. A pandemia intensificou a utilização de recursos tecnológicos não tão explorados anteriormente, o que significou também um desafio aos instrutores e alunos, tendo que se adaptarem rapidamente ao novo conceito.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo propor um método de capacitação em normas regulamentadoras, obrigatórias no Brasil, utilizando a virtualização imersiva, visando a melhora da retenção do conhecimento do aluno se comparada aos modelos *online* tradicionais.

Souto e Albuquerque (2015) afirmam que a segurança do trabalho exige inovação focada no comportamento e faz-se necessário compreender se o trabalhador tem condições de perceber os riscos do ambiente em que trabalha.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Dentre as várias exigências a serem cumpridas pelos empregadores conforme legislação nacional, no que diz respeito à segurança do trabalho, está a capacitação obrigatória conforme as normas regulamentadoras dos colaboradores envolvidos nas atividades de operação, manutenção, ajustes e demais tarefas de exposição aos perigos particulares de cada processo.

Podem-se citar entre as vigentes no país, normas específicas para trabalhos com máquinas e equipamentos, espaços confinados, acesso em altura e demais riscos operacionais, cada uma com suas particularidades, carga horária e requisitos mínimos de atendimento.

De acordo com Teixeira (2020), em pesquisa realizada em empresas que necessitam capacitar seus colaboradores com determinada frequência, a população pesquisada compreende a necessidade da realização das capacitações de modo *online* como opção à modalidade presencial, bem como a tendência por esta modalidade nos próximos tempos.

Torrecilhas et al. (2019), reforça que o conhecimento pleno das atividades executadas ao longo da jornada do aluno, auxilia na identificação dos riscos laborais inerentes a elas, agregando o domínio perante as possíveis condições que ele irá enfrentar quando se deparar com situações reais no ambiente de trabalho.

Com a gama de informações disponíveis, a quantidade de meios de comunicação, a constante evolução do estado da técnica, a busca contínua pelo conhecimento e as ferramentas tecnológicas disponíveis atualmente, fica descartada a hipótese da falta de capacitação dos colaboradores de uma organização, no tocante às normas regulamentadoras, até mesmo em um cenário pandêmico.

Nesta linha de evolução tecnológica, a aquisição e investimento em equipamentos com novas tecnologias empregadas pode ser o ponto chave que separa a morte ou a incapacidade do ser humano, do seu retorno saudável para casa (LOPES, 2013).

Como exemplo, uma das normas regulamentadoras relacionadas diretamente com o fator segurança do operador é a de número 12 (NR-12). Tal norma visa garantir a segurança operacional envolvendo máquinas e equipamentos. Outra norma que visa garantir a segurança operacional, é a NR-33, que aborda aspectos de segurança em ambientes confinados.

Tais normas requerem uma parte prática nas capacitações, o que pode claramente justificar o emprego de tecnologia no processo de treinamento dos colaboradores, tema este que será o objeto desta pesquisa.

## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A restrição e limitação de acessos, ocupação de espaços compartilhados e aglomerações se mostram como “problemas modernos” na capacitação das pessoas, potencializados pelo fator pandemia, direcionando e amplificando a utilização cada vez mais das plataformas *online* disponíveis. A eficácia dos treinamentos nesta modalidade, o interesse do aluno, a capacidade de retenção do conhecimento, são fatores que devem ser considerados utilizando o ensino remoto.

Com esta análise, levanta-se a questão: Realmente treinamentos em normas regulamentadoras utilizando a virtualização imersiva pode ser mais eficaz que o treinamento utilizando plataformas *online* convencionais?

A absorção do conteúdo e retenção do conhecimento pelo aluno, são os grandes desafios de um processo de formação. Daí a proposta da utilização da tecnologia nas capacitações, aumentando a eficácia se comparado ao treinamento aplicado por plataformas *online* atuais.

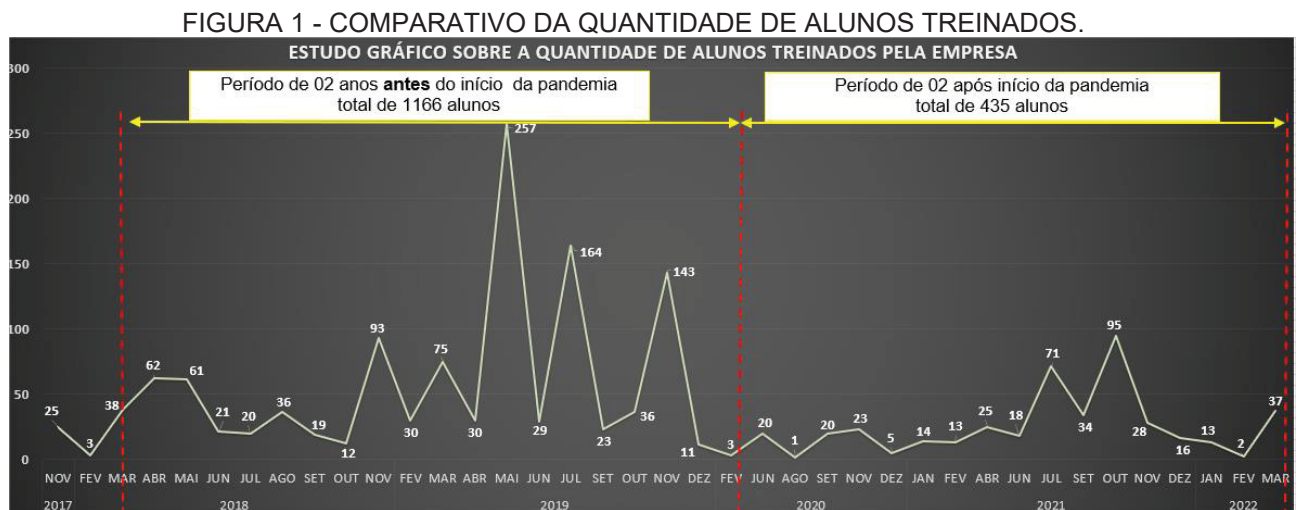
## 1.3. JUSTIFICATIVA

O direcionamento desta pesquisa sobre a necessidade de otimização dos treinamentos na modalidade *online*, é justificado pela comprovação da tendência da utilização das plataformas digitais como opção à modalidade presencial, tendo uma mudança conceitual originada pelo fator pandemia.

No início do ano de 2022, o autor coletou dados de uma empresa de Curitiba especializada em treinamentos de normas regulamentadoras para o setor industrial. O setor comercial da empresa disponibilizou o histórico de treinamentos ministrados no período de 04 anos, comparando exatos 02 anos antes e 02 anos após início da pandemia.

Na FIGURA 1, demonstra-se um gráfico onde pode ser observada a quantidade de pessoas treinadas. Em especial à partir do mês de março de 2020 (início da pandemia), observa-se uma queda repentina na capacitação profissional.

No período anterior de 02 anos, 1166 alunos treinados e já nos 02 anos seguintes, somente 435 alunos.



FONTE: O Autor (2022).

Pela análise do gráfico da FIGURA 1, comprova-se o impacto causado pelo fator pandemia na quantidade de treinamentos realizados pela empresa.

Esta condição pandêmica despertou no cenário mundial um alerta e a necessidade de alternativas nunca imaginadas, em todas as áreas, segmentos e culturas. Quando a sociedade imaginaria um evento de tamanha proporção, que afetaria diretamente e tão rapidamente todo o globo? Nas capacitações não seria diferente. Daí a necessidade das empresas em desenvolverem alternativas viáveis para seus processos.

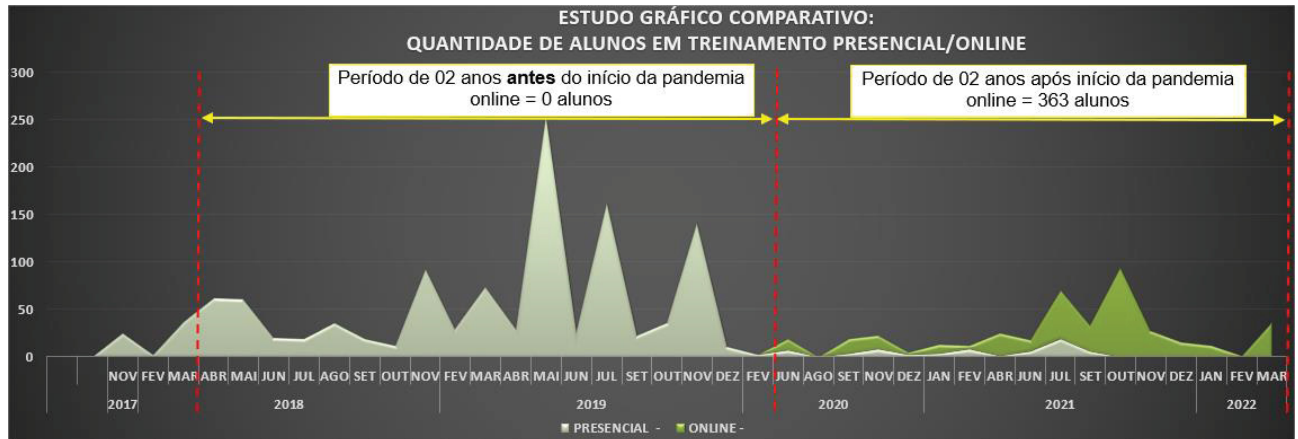
O impacto causado pela Covid-19 na maneira em que ocorreram as capacitações em normas regulamentadoras, pode ser verificado no gráfico apresentado.

Pela importância deste processo de capacitação das pessoas em normas regulamentadoras, as quais estão diretamente relacionadas com a segurança operacional, alternativas tiveram que ser rapidamente implantadas. A capacitação *online*, foi uma delas.



Já na FIGURA 2, observa-se no gráfico a quantidade de treinamentos ministrados de modo *online*, no mesmo período de 04 anos. Antes da pandemia, nenhum aluno. Após o início da pandemia, 363 alunos.

FIGURA 2 - COMPARATIVO DA QUANTIDADE ALUNOS NO MODO *ONLINE*.



FONTE: O Autor (2022).

Na mesma linha de pesquisa sobre capacitações em normas regulamentadoras, o autor visitou uma indústria cimenteira localizada na região metropolitana de Curitiba, onde o engenheiro de segurança do trabalho responsável pelo setor, apresentou os dados levantados sobre o tema.

Em relato, o responsável ressaltou que a falta de capacitação das equipes por conta da pandemia foi realmente um problema, pois a rotatividade de funcionários na empresa, aliada à impossibilidade de realização de treinamentos presenciais, geraram riscos significativos no processo.

Por se tratar de uma indústria cimenteira, diversos processos envolvendo máquinas, espaços confinados, acessos em altura, tiveram suas capacitações impactadas.

Durante a pesquisa, o profissional comenta ainda sobre a cobrança dos próprios colaboradores pelas capacitações, até então religiosamente cumpridas. O interesse por este processo por parte dos colaboradores é bem visto pela alta direção, conforme o engenheiro observa, pois demonstra que a cultura de segurança da empresa está em um processo de desenvolvimento contínuo, reduzindo a probabilidade de ocorrência de algum evento perigoso.

Felizmente, até o momento da entrevista com o responsável, nenhum acidente de grandes proporções fora relatado nos últimos anos.

Na TABELA 1 observa-se o histórico de treinamentos realizados à distância nos últimos 07 anos na indústria pesquisada. A quantidade de colaboradores treinados de modo *online* nos últimos 05 anos anteriores ao início da pandemia foi nula. Já após seu início, em 02 anos, 624 pessoas foram capacitadas à distância.

Tabela 1 - TABELA COMPARATIVA DA QUANTIDADE ALUNOS *ONLINE*.

TREINAMENTOS NR'S - 2015 À 2022								
Ano	Realizado por "Fornecedor Externo"			Realizado "In Company"		Total Treinamentos	% "Fornecedor Externo"	% "In Company"
	EAD	Presencial	Total	Presencial Total				
2015	-	382	382	19		401	95,3%	4,7%
2016	-	90	90	144		234	38,5%	61,5%
2017	-	75	75	217		292	25,7%	74,3%
2018	-	107	107	119		226	47,3%	52,7%
2019	-	133	133	199		332	40,1%	59,9%
2020	163	77	240	53		293	81,9%	18,1%
2021	309	128	437	6		443	98,6%	1,4%
2022	152	55	207	0		207	100,0%	0,0%
<b>Total Geral</b>	<b>624</b>	<b>1047</b>	<b>1671</b>	<b>757</b>		<b>2428</b>	<b>68,8%</b>	<b>31,2%</b>

FONTE: O Autor (2022).

Mais uma vez se comprova a mudança da tendência nas capacitações *online* pelas empresas no período após o início da pandemia. Com base no que foi descrito neste capítulo e observando-se a tendência crescente da opção pela modalidade *online*, questiona-se então: Como melhorar a eficácia em treinamentos de normas regulamentadoras à distância?

Sendo a pergunta da pesquisa se a virtualização imersiva poderia ser eficaz neste quesito, a seguir está sendo proposto o objetivo deste projeto.

Por motivos de confidencialidade, as empresas que forneceram as informações solicitaram que seus nomes não fossem citados neste trabalho.

#### 1.4. OBJETIVOS

Com base na pergunta descrita no item 1.2 desta pesquisa: *“Realmente treinamentos em normas regulamentadoras utilizando a virtualização imersiva pode ser mais eficaz que o treinamento utilizando plataformas online convencionais?”*. O objetivo geral do trabalho é propor um método de capacitação em normas regulamentadoras utilizando a virtualização imersiva, visando a melhora da retenção do conhecimento do aluno se comparada aos modelos *online* tradicionais.

Para o amplo atendimento do objetivo geral, têm-se os objetivos específicos vistos abaixo:

- Demonstrar através da fundamentação teórica a tendência mundial da utilização cada vez mais crescente de plataformas *online* para treinamentos.
- Através da metodologia proposta, desenvolver um ambiente de realidade virtual imersivo, utilizando-o para aplicação de treinamentos de normas regulamentadoras nas empresas;
- Validar o método proposto através de pesquisas comparativas de satisfação do aluno entre as modalidades *online* convencionais e em ambiente imersivo, através da aplicação de treinamento em equipes de operação de uma indústria;
- Informar que, em caso de reprodução do método, deve-se avaliar a validade do artefato através do registro e seguimento rigoroso de cada etapa apresentada, com base no método *Design Science Research – DSR*.

## 1.5. PRODUTO TECNOLÓGICO

A digitalização industrial na capacitação de pessoas pode ser considerado um salto tecnológico inédito na atual geração. Tecnologias utilizadas nas mais diversas áreas da engenharia aliadas às utilizadas em jogos imersivos, capacitando de maneira profissional pessoas em seus postos de trabalho, ainda, em normas regulamentadoras obrigatórias no país, é, sem dúvidas, um grande avanço tecnológico.

O grande ganho do “estado da técnica” é realmente aliar tecnologias diferentes, para aplicações diferentes, em uma única causa: a capacitação de alta performance, totalmente imersiva, de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora e com total segurança.

O método para treinamento em normas regulamentadoras utilizando a virtualização imersiva, apresentando todas as etapas do fluxo de trabalho, é o produto final deste trabalho.

A comparação entre as modalidades *online* convencionais e utilizando alta tecnologia, pode ser classificada com um “salto tecnológico” na era atual.

Até então, tecnologias de digitalização, modelagem e imersão, eram mais comumente encontradas no setor industrial para aplicações específicas de engenharia, e não para capacitações em normas regulamentadoras.

## 1.6. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Com o estudo em questão, a apresentação do fluxo de trabalho a ser desenvolvido, as tecnologias aplicadas e o objetivo final desta mescla, contribuem para esta mudança do estado da técnica nas mais variadas áreas do nosso cotidiano. A possibilidade do emprego da digitalização não só em peças, componentes e ambientes, mas também na capacitação de pessoas em normas regulamentadoras. O direcionamento para futuras pesquisas relacionadas ao tema e otimização do processo de capacitação, são as contribuições do trabalho observadas na sequência.

### 1.6.1. Contribuições para a academia

Nas mais diversas áreas de ensino dentro da academia, é possível apresentar de modo direcionado como é viável aplicar diferentes tecnologias, quebrando paradigmas dos modelos até então conhecidos, na capacitação profissional. A realidade atual exige cada vez mais velocidade da informação, precisão e otimização, seja de custos, prazos, qualidade ou qualquer outro fator que consiga amplificar beneficemente alguma questão.

Este estudo envolvendo tecnologias de ponta, aplicadas no ambiente de capacitação, contribuem na disseminação do novo modo operacional, que tende a ser predominante em um curto espaço de tempo. A academia tem em sua essência a boa relação e auxílio de modo geral à sociedade, desenvolvendo estudos, pesquisas, aplicações, testes, entre outras inúmeras ações.

Um método de capacitação tecnológico desenvolvido como alternativa aos moldes atuais, certamente trará grandes contribuições para a academia, podendo utilizá-lo como base para inúmeras outras aplicações.

### 1.6.2. Contribuições para a indústria

A apresentação do método de virtualização imersiva no processo de capacitação das pessoas, maximizando o aprendizado, ao mesmo tempo reduzindo parada de máquinas, deslocamentos, custos logísticos e aglomerações, são contribuições deste trabalho para a indústria.

O trabalho está organizado de modo que o método consiga ser reproduzido, contemplando e detalhando desde as etapas iniciais de entrevistas técnicas, até o processo de programação em realidade virtual, apresentando ainda as vantagens do método proposto em termos de segurança, retenção de conhecimento e agilidade.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

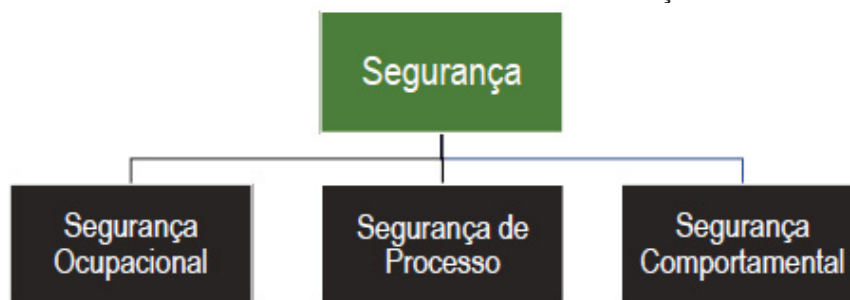
Neste capítulo, toda a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento do método proposto, será apresentada. Primeiramente, a segurança do trabalho dará o embasamento necessário que demonstrará a necessidade e obrigatoriedade do cumprimento da legislação brasileira. Na sequência, a tecnologia será apresentada como uma forte aliada nos processos de capacitação das pessoas.

### 2.1. A SEGURANÇA DO TRABALHO

Seja por questões éticas, financeiras, culturais ou compulsórias, o tema da segurança do trabalho tem sido, principalmente nos últimos dez anos, alvo de preocupação nas organizações e no meio acadêmico. Este tema se deve ao impacto das perdas financeiras e não financeiras decorrentes de fatalidades, lesões e doenças, que impactam as próprias organizações, a sociedade, as famílias das vítimas e, principalmente, as próprias vítimas (VASSEM, et al., 2017).

Face aos conceitos apresentados, segurança do trabalho pode ser entendida resumidamente como a “ciência da prevenção”. Modernamente, pode-se dizer que existem três enfoques para esta ciência, conforme a FIGURA 3.

FIGURA 3 - EIXOS TEMÁTICOS DA SEGURANÇA DO TRABALHO.



FONTE: O Autor (2021).

- Segurança ocupacional: focada nas pessoas e no ambiente laboral, basicamente através do referencial trabalhista (normas regulamentadoras) e previdenciário. Contempla os conceitos já apresentados anteriormente. É o dia-a-dia da segurança do trabalho no país (treinamentos, documentos, procedimentos). Este eixo será o de maior interesse neste estudo para a aplicação da tecnologia nas capacitações em normas regulamentadoras.

- Segurança de processo: focada nos processos industriais, fluxos de trabalho, equipamentos e instalações, de caráter bastante técnico, onde o foco principal está na prevenção dos acidentes ampliados (baixa frequência e elevada gravidade). Inclui os fatores humanos.

- Segurança comportamental ou baseada no comportamento: ligada ao comportamento das pessoas no ambiente de trabalho. Mais moderna, ainda é fortemente embasada pelos estudos da psicologia. Neste eixo, se concentra a mudança do estado da técnica, ou seja, a mudança dos padrões de capacitação estabelecidos há décadas para padrões tecnológicos inovadores, objetos de estudo deste trabalho.

Daniellou, Simard e Boissières (2013) são claros em afirmar que tanto a segurança de processo como a segurança comportamental compreendem os chamados fatores humanos e organizacionais da segurança.

No glossário de uma das normas regulamentadoras – a NR 36 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2018), risco é definido como a “possibilidade ou chance de ocorrerem danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores, devendo ser identificado em relação aos eventos ou exposições possíveis e suas consequências potenciais”. Cardella (2011, p. 237) é enfático em afirmar que segurança é uma variável inversamente proporcional ao risco. Segundo ele, quanto maior o risco menor a segurança e vice-versa.

Portanto, aumentar a segurança significa reduzir riscos. Perigo, segundo o glossário da norma regulamentadora 10 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2018), é definido como uma situação ou condição de risco com probabilidade de causar lesão física ou dano à saúde das pessoas por ausência de medidas de controle. O conceito pode ser tecnicamente completado, como o que faz Cardella (2011, p. 109), ao dizer que perigo é uma qualidade (propriedade) daquilo que pode causar danos.

Desvio é entendido por Alves e Miranda Junior (2013, p. 346) como sendo uma mudança de rumo que implica em uma direção diferente da esperada. Segundo Rabello (2012), a maioria dos incidentes de processo e acidentes causadores de lesões pessoais são causados por desvios (de caráter comportamental) e não por condições físicas e equipamentos.

Para que esta diretriz legal se tornasse prática, em 08/06/1978 entrou em vigor a Portaria 3.214, a qual aprovou as Normas Regulamentadoras – NRs – relativas à Segurança e Medicina do Trabalho (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2018). De acordo



com o artigo 157 da Lei 6.514, cabe às empresas cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho (BRASIL, 2018).

Moraes (2011, p. 60) afirma que as normas regulamentadoras têm por objetivo principal tornar prática a implantação das determinações contidas nos artigos da CLT (154 a 201) do Capítulo V, Título II, sem ater-se, necessariamente, às questões técnicas profundas, para que sirvam de balizamento àqueles que procuram atender aos aspectos legais.

Já Oliveira (2003) sustenta que as normas regulamentadoras possuem status de lei. Conforme competência delegada pelo Legislativo, afirma que constituem disposições técnicas complementares às normas de segurança e medicina do trabalho previstas na Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto Legislativo 5.452, conforme prevê o artigo 200 da própria CLT.

Por fim Gonçalves, Gonçalves e Gonçalves (2015, p. 33), são incisivos em afirmar que desde a promulgação da Constituição Federal brasileira, a proteção jurídica à segurança e saúde no trabalho ganhou status Constitucional. Em especial, porque o art. 7º da Lei Fundamental, ao tratar dos direitos dos trabalhadores, assegurou-lhes, dentre outros, a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meio de normas de segurança e saúde no trabalho. Este mandamento constitucional, segundo Gonçalves, veio reforçar a proteção jurídica da segurança e saúde dos trabalhadores brasileiros; sendo possível afirmar que as normas preventivas existentes, a partir de então, ganharam um “verniz” constitucional.

A legislação brasileira, no tocante às normas regulamentadoras, justificam os fins, porém, não os meios. Os processos de capacitação obrigatória nas NRs estão claramente descritos na legislação. A utilização de recursos tecnológicos, modalidade presencial, *online*, híbrida, entre outras, fica a critério das empresas e profissionais legalmente habilitados, determinando de acordo com sua realidade, a melhor opção. A tecnologia imersiva, apresentada neste trabalho com um diferencial, pode ser considerada com uma forte aliada à este processo.

## 2.2. A DIGITALIZAÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Parrott (2017), o processo de digitalização permite que as empresas resolvam problemas físicos mais rapidamente, detectando-os de forma antecipada,

prevendo resultados com um grau de precisão muito mais alto, projetando e fabricando produtos melhores e, finalmente, melhor atendendo seus clientes. Em um processo de digitalização, é possível não apenas modelar e simular diferentes situações, mas também compreender o comportamento dos processos e pessoas, avaliando riscos antecipadamente, além de lacunas de difícil detecção aos moldes tradicionais.

Segundo Scuisato (2016) “a inserção de novas tecnologias nas escolas está fazendo surgir novas formas de ensino e aprendizagem; estamos todos reaprendendo a conhecer, a comunicar-nos, a ensinar e a aprender, a integrar o humano e o tecnológico.”

Tardeli e Paula (2011, p11) afirmam que o processo de globalização e a revolução científico-tecnológica impactam de modo ímpar as bases estruturais das relações sociais e da categoria de trabalho no mundo contemporâneo, determinando novas configurações à educação, às políticas públicas, à escola e ao trabalho docente.

Vidotto, Lopes, Pozzenbon e Frigo (2017), por sua vez, desenvolveram pesquisa sobre a construção e aplicação de um ambiente inteligente com técnicas de inteligência artificial. Essa obra afirma que, em seu trabalho, o uso do sistema implica na otimização dos processos educativos com o auxílio das novas tecnologias da informação. Assim, os autores procuram evidenciar que o ensino com suporte desses recursos está contribuindo para uma inovação e reorganização didática e pedagógica, gerando atalhos e dinamicidade para quem ensinar e aprender.

Kuschel, Oliveira, Quaresma e Chicon (2017), em seu artigo sobre integração de objeto virtual como agente pedagógico, tratam especificamente sobre a interação com alunos por meio de recursos tecnológicos aplicados em ambientes virtual. Eles afirmam que “Agentes pedagógicos animados têm como funções principais guiar o aluno no uso do ambiente virtual de aprendizagem e motivá-lo a permanecer nele para que tenha um aprendizado melhor.”

Outro trabalho utilizado como referência que oferece mais indicativos sobre os benefícios de tecnologias aplicadas em softwares educacionais é o artigo de Reis (2018), intitulado “Sistemas Tutores Inteligentes que Detectam as Emoções do Estudante: Um mapeamento sistemático”. O autor desenvolveu um sistema tutor afetivo (STA) que comprova o incremento das emoções do estudante durante o processo de aprendizagem com o uso de tecnologia, produzindo um relatório por mapeamento com o uso de recursos e técnicas similares às avaliações convencionais.

Lévy (1996, p. 17-18) afirma que a “virtualização é [...] mutação de identidade, um deslocamento do centro de gravidade ontológico do objeto”. No contexto deste artigo, os AVEAs (ambientes virtuais de ensino e aprendizagem) são considerados virtuais, principalmente, pela possibilidade de transpor as barreiras da sala de aula física e proporcionar ensino e aprendizagem a qualquer tempo e lugar. Poder construir uma disciplina ou curso em uma plataforma virtual marcava a passagem para a quinta geração da educação a distância.

Para Birt e Vasilevski (2021) e Dalgarno e Lee (2010), à medida que a imersão aumenta, a aprendizagem também aumenta.

Na mesma linha, Birt e Vasilevski (2021) e Huang et al. (2019) observaram que ambientes virtuais possuem potencial como plataforma educacional para simulações do mundo real, treinamento profissional e colaboração global para fornecer experiências interativas e imersivas, melhorando o aprendizado dos alunos.

Lima Júnior (2005) também comenta que não basta pensar a tecnologia, é necessário também funcionar tecnologicamente. Nessa perspectiva, os profissionais de educação precisam reconhecer que uma adaptação tecnológica é fundamental para enriquecer suas técnicas de ensino e não implica na perda de referência técnica e operacional construída ao longo da sua trajetória. Quanto mais incorporação de tecnologias, maior será o banco de recursos disponíveis para a atuação docente.

Até pouco tempo atrás, diversas limitações tecnológicas para a coleta, processamento e tratamento de dados era um fator impactante para a evolução da tecnologia. Porém, nos últimos anos, tais limitações diminuíram rapidamente com a evolução das tecnologias de equipamentos para captura da realidade, análise computacional, realidade virtual, entre outros.

Para Santos (2015), dentre as principais tecnologias que a transformação digital apresenta, a virtualização está entre as que mais impactam as relações sociais e de produção em diversas áreas, tais como finanças, varejo, mobilidade, saúde e educação.

Definido por Silva (2015), os AVEAs podem funcionar de forma *online* e *offline* (com ou sem acesso à internet), permitindo novas possibilidades administrativas, gerenciais, didáticas e pedagógicas para que profissionais autônomos, instituições públicas ou privadas, com fins educacionais, possam criar e modelar cursos ou unidades curriculares. Aos moldes atuais com a utilização de plataformas *online*, a

internet se torna indispensável, sendo uma desvantagem se comparado ao modelo tecnológico proposto.

A introdução de novas ferramentas e tecnologias digitais, que promovam a interação e novas formas de relações sociais, em consonância com novas configurações de produção de conhecimento pela humanidade, permite vislumbrar novas formas de organização dos tempos, dos espaços e das relações nas instituições de ensino e pesquisa (ARAÚJO, 2011, p.41).

Ortiz et al. (2018) atestam a facilidade de interação entre professor e aluno utilizando a realidade virtual em um treinamento de automação pneumática industrial. Através da utilização de um quadro branco e um marcador virtual pelo professor, as simulações, estudos e interações de processos, foram compartilhadas com os alunos promovendo facilidade no aprendizado.

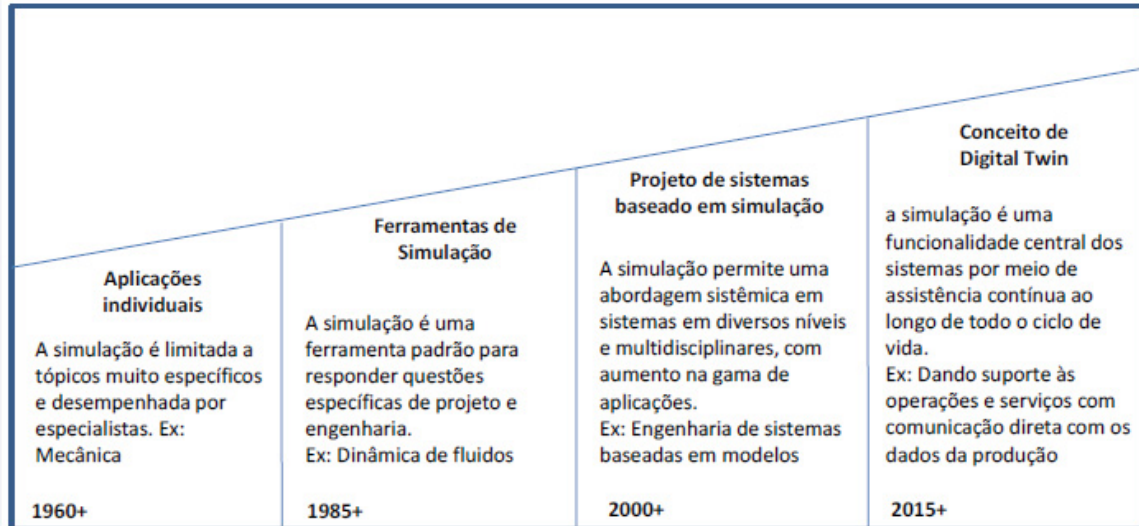
Esta evolução permite cada vez mais fazer uma correlação entre o mundo físico e o virtual, com riqueza de detalhes jamais imaginadas. Atualmente, a simulação é a base para decisões de projeto, bem como validação, avaliações e testes não apenas para componentes e processos, mas também para sistemas completos, passando pela capacitação de pessoas. (ROSEN et al., 2015).

Para Rocha (2020), o Immersive learning (I-learning), também conhecida por aprendizagem imersiva, é a modalidade que compreende os processos de aprendizagem que ocorrem em ambientes virtuais tridimensional (3D), os chamados metaversos criados a partir de diferentes tecnologias digitais capazes de propiciar aprendizagem imersiva, por meio do desenvolvimento de experiências fictícias virtuais (p. 14).

Xu e Zheng (2021) afirmam que um treinamento em realidade virtual consiste basicamente em três partes principais: a primeira sendo a modelagem tridimensional, a segunda como sendo a renderização do ambiente e a terceira sendo a programação do sistema de treinamento em RV. Ressaltam ainda que objetos 3D são elementos críticos no desenvolvimento do ambiente em RV, onde a qualidade desses elementos pode afetar significativamente a percepção subliminar do utilizador relativamente ao mundo virtual.

Na FIGURA 4 observa-se a evolução tecnológica ao longo das décadas, onde a simulação não mais é restrita à especialistas, mas sim para interação direta com o usuário.

FIGURA 4 - O NOVO CONCEITO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO.



FONTE: Adaptado de Rosen et al. (2015).

Nota-se desta maneira que no contexto da evolução tecnológica, o processo de digitalização pode ser visto como um importante aliado no processo de capacitação das pessoas e não restrito somente à especialistas.

Nesta revisão da literatura pode-se notar a tendência da utilização das tecnologias emergentes também na área de segurança do trabalho, mais especificamente na capacitação em normas regulamentadoras.

Também, nota-se que a correlação entre o mundo real e virtual se mostram cada vez mais presentes nos últimos anos, e exaustivamente divulgados, trabalhados, pesquisados e aplicados mundialmente. Basta observar o conceito de metaverso que, mesmo que ainda timidamente, se faz presente direta ou indiretamente na sociedade. Os recursos tecnológicos disponíveis na atual geração, podem e devem ser utilizados com o objetivo de maximização, seja de aprendizado, redução de custos ou ainda, competitividade.

No capítulo seguinte, o método proposto, o fluxo de trabalho, as etapas para compor a digitalização de uma capacitação serão detalhadas e melhores compreendidas, com o apoio de aplicações práticas já desenvolvidas.

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A metodologia e revisão utilizadas neste trabalho são baseadas em artigos científicos, relatórios técnicos de especialistas na área, dissertações e normas nacionais.

A revisão se concentra principalmente no conceito de digitalização, imersão, virtualização e treinamentos utilizando a tecnologia como base em aplicações industriais, sendo utilizadas como principais fontes de coletas de dados, as plataformas Scopus e Web of Science.

Esta revisão da literatura foi realizada compreendendo algumas etapas: (a) pesquisa de várias bases de dados com palavras-chave relevantes, (b) exclusão de artigos irrelevantes lendo os resumos, (c) leitura do texto completo de artigos relevantes, (d) classificação de acordo com os critérios desejados e (e), compilação das informações e desenvolvimento da pesquisa. Com relação às pesquisas consideradas, a revisão bibliográfica sistemática desenvolvida neste trabalho considerou artigos e trabalhos publicados nos últimos cinco anos. Como complemento desta revisão sistemática, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica assistemática, com o objetivo de complementar as pesquisas dos últimos cinco anos, sendo encontrados doze trabalhos publicados em um período maior de busca.

As *strings* de busca podem ser observadas no QUADRO 1:

QUADRO 1 - *STRINGS* DE BUSCA NAS BASES DE DADOS

<b><i>Strings</i> de busca</b>	<b>Período</b>
(virtual reality) AND (capacitation)	Últimos 05 anos
(training) AND (digital twin)	Últimos 05 anos
(training) AND (capacitation)	Últimos 05 anos
(training) AND (virtualization)	Últimos 05 anos
(immersion) AND (capacitation)	Últimos 05 anos

FONTE: O Autor (2022).

Verificou-se durante a pesquisa que artigos relacionados ao tema e às *strings* de busca publicados há mais de cinco anos, não convergiam para o tema proposto

neste trabalho em sua maioria. Daí a opção por filtragem para trabalhos mais recentes como fontes de informação.

No QUADRO 2, observam-se os segmentos selecionados para pesquisa. Treinamentos podem ser encontrados em diversos ramos, porém, por este trabalho ser direcionado às capacitações aplicadas na indústria, como filtros, utilizaram-se as seguintes áreas:

QUADRO 2 - ÁREAS SELECIONADAS PARA A PESQUISA

<b>Áreas de busca</b>
<i>General Engineering</i>
<i>Industrial and Manufacturing Engineering</i>
<i>Safety, Risk, Reliability and Quality</i>
<i>Digital, Twin</i>
<i>Simulation</i>
<i>Industry 4.0</i>
<i>Technology</i>

FONTE: O Autor (2022).

No total, 942 publicações acadêmicas sobre treinamentos *online*, realidade virtual e imersão foram encontradas com as palavras-chave selecionadas, que foram: *immersion, virtual reality, digital twin, capacitation, virtualization*.

Com a filtragem pelo idioma inglês, período dos últimos cinco anos, setor, área, segmento e base de pesquisa, 117 publicações permaneceram no estudo.

Deste número, as publicações que se relacionam com treinamentos *online* utilizando métodos convencionais e também utilizando a tecnologia, em idioma inglês, nas áreas listadas acima, 24 publicações foram utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa.



No QUADRO 3 observam-se as publicações em um período inferior a cinco anos utilizadas na revisão sistemática do trabalho, com as respectivas contribuições de cada pesquisa.

QUADRO 3 – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS EM PERÍODO INFERIOR A CINCO ANOS

	REFERÊNCIAS	CONTRIBUIÇÃO PARA A PESQUISA
1	BIRT e VASILEVSKI (2021)	Observaram que ambientes virtuais possuem potencial como plataforma educacional para simulações do mundo real, treinamento profissional e colaboração global para fornecer experiências interativas e imersivas, melhorando o aprendizado dos alunos.
2	KUSCHEL, OLIVEIRA E QUARESMA (2017)	Afirmam que agentes pedagógicos animados têm como funções principais guiar o aluno no uso do ambiente virtual de aprendizagem e motivá-lo a permanecer nele para que tenha um aprendizado melhor
3	ORTIZ, SÁNCHEZ E VELASCO (2018)	Atestam a facilidade de interação entre professor e aluno utilizando a realidade virtual em um treinamento de automação pneumática industrial
4	PALMER, CLAIRE, BENJAMIN e ROULLIER (2021)	Aplicam a realidade virtual como base do digital <i>twin</i> para laboratórios remotos e aprendizado prático
5	PAPADIMITRIOU (2019)	Analisa a experiência dos usuários em um ambiente de realidade virtual
6	RUBIO, PABLO, VERGARA e RODRÍGUEZ (2019)	Avalia a aplicabilidade da realidade virtual imersiva Nos cursos técnicos de engenharia
7	VERGARA, RUBIO e LORENZO (2017)	Abordam a tecnologia multimodal em ambientes de ensino utilizando a realidade virtual na área de engenharia
8	VIDOTTO, SARTOR e LOPES (2017)	Afirmam que o ensino com suporte de recursos de tecnologia está contribuindo para uma inovação e reorganização didática e pedagógica, gerando atalhos e dinamicidade para quem ensina e quem aprende
9	XU e ZHENG (2021)	Afirmam que um treinamento em realidade virtual consiste basicamente em três partes principais: a primeira sendo a modelagem tridimensional, a segunda como sendo a renderização do ambiente e a terceira sendo a programação do sistema de treinamento em realidade virtual
10	SIM, CHOOK e HAKIM (2019)	Afirmam que treinamentos de segurança são essenciais para realizar trabalhos de risco

FONTE: O Autor (2022).

Após a leitura dos artigos, trabalhos acadêmicos e publicações selecionadas, nota-se claramente a diferença de conceitos e tendências entre alguns países.

No Brasil, pode-se dizer que a virtualização imersiva ainda é considerada uma novidade. A tendência com a globalização é que, em um futuro não muito distante, o emprego deste tipo de tecnologia seja cada vez mais frequente. Porém, a velocidade de avanço da tecnologia ainda está muito aquém se comparada à outros países.

Conforme elencado anteriormente, a revisão bibliográfica assistemática considerou doze publicações com período superior a cinco anos, complementando a pesquisa.

No QUADRO 4 observam-se as publicações em um período superior a cinco anos utilizadas no trabalho, também elencando suas principais contribuições.

QUADRO 4 – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS EM PERÍODO SUPERIOR A CINCO ANOS

	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>CONTRIBUIÇÃO PARA A PESQUISA</b>
1	ARAÚJO (2011)	Apresenta de maneira clara uma introdução de novas tecnologias no ensino
2	CHEN (2005)	Os estilos de aprendizagem se mostram relevantes ao utilizar a realidade virtual, quando comparados aos estilos tradicionais
3	CHOU e YAO (1997)	Apresentação da aplicação de realidade virtual em uma análise estrutural de engenharia
4	DANIELLOU, SIMARD e BOISSIÈRES (2013)	Afirmam que a segurança do processo e segurança Comportamental compreendem os fatores humanos e organizacionais de segurança
5	FERNANDES, KIRAN, VINESH e EYRE (2003)	Apresentam um sistema de aprendizado utilizando a imersão em indústrias de manufatura
6	GONÇALVES e RAMOS (2015)	Afirmam que as normas regulamentadoras agem preventivamente, com caráter de lei, reduzindo os acidentes de trabalho
7	HANNA, NADER e JACOBSON (2014)	Enfatizam a melhora no desempenho acadêmico ao utilizar um ambiente virtual de aprendizagem, em diferentes tipos de aulas
8	LEE, KOK E FUNG (2010)	Afirmam que a aprendizagem aumenta proporcionalmente com o aumento da imersão. Análise da eficácia da aprendizagem utilizando a realidade virtual
9	OLIVEIRA (2003)	Demonstram que as normas regulamentadoras são Disposições técnicas complementares às normas previstas na CLT
10	ROSEN, WICHERT e BETTENHAUSEN (2015)	Afirmam que as simulações fazendo uma correlação entre o mundo físico e virtual formam uma base sólida para decisões de projeto, além de processos de capacitação de pessoas
11	SCHOFIELD (2012)	Apresenta um simulador em realidade virtual para alunos de engenharia química
12	SOUTO e ALBUQUERQUE (2015)	São enfáticos em afirmar que a segurança do trabalho exige inovação focada no comportamento

FONTE: O Autor (2022).

Em culturas mais desenvolvidas tecnologicamente, como em alguns países da Europa e Ásia, a virtualização imersiva é amplamente empregada em diversos setores, além da área de treinamentos e já pode ser considerada uma realidade, e não uma tendência. Observa-se então neste capítulo que o tema proposto da pesquisa vem de

encontro à uma tendência global, comprovada através da ampla pesquisa de artigos publicados mundialmente.

No próximo capítulo, será apresentado o detalhamento do fluxo e metodologia de trabalho passando por todas as etapas necessárias para o atingimento do objetivo proposto.

#### 4. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA METODOLOGIA

Conforme observado no capítulo anterior, a tendência da virtualização imersiva é cada vez maior a nível global, justificando esta pesquisa. No Brasil, mesmo que ainda de maneira tímida, a digitalização já é observada em várias áreas, inclusive nas capacitações em normas regulamentadoras. O método de capacitação proposto em NRs utilizando a tecnologia como aliada, requer um fluxo de trabalho bem claro e definido. Para propor um método de capacitação imersiva remota, medir sua eficácia através de comparativos com plataformas digitais convencionais através de pesquisa científica, além de comprovar a tendência das capacitações *online* surgida em um cenário de pandemia, algumas etapas de trabalho precisam ser apresentadas.

No desenvolvimento da proposta metodológica, observa-se o detalhamento de cada etapa necessária para a correta aplicação do método proposto.

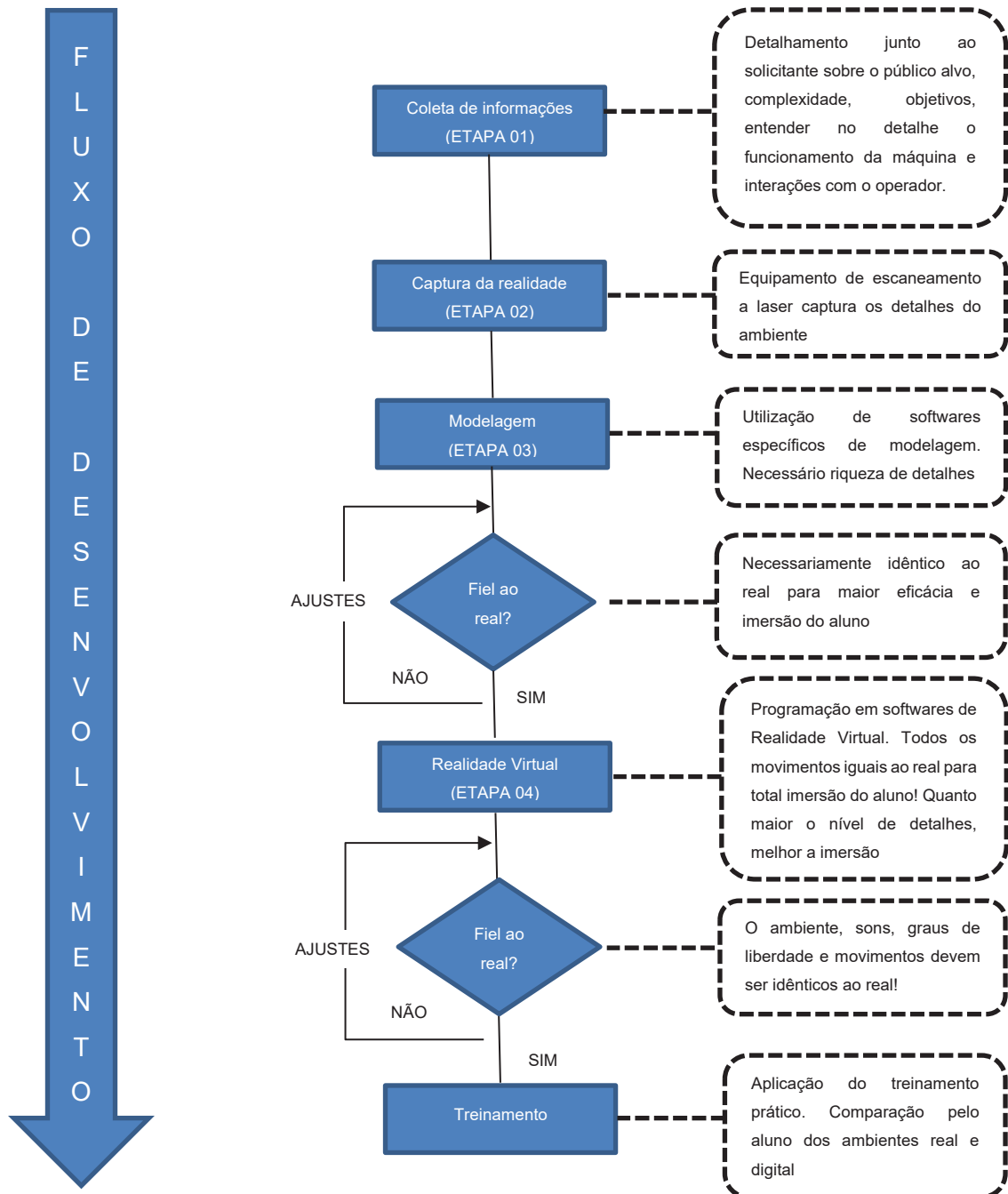
Todas são fundamentais dentro do fluxo de desenvolvimento, o que garante uma imersão de qualidade por parte do aluno, objetivando amplificar seu aprendizado. Cabe ressaltar que o conhecimento técnico em normas regulamentadoras por parte do instrutor é fundamental. O grande diferencial do método proposto é conciliar o conhecimento técnico do instrutor com a possibilidade de simulações práticas utilizando a virtualização imersiva. São quesitos diferentes, porém, complementares. Somente o conhecimento em normas regulamentadoras ou somente o conhecimento em digitalização e programação, não satisfazem a condição satisfatória do método. A maximização do aprendizado ocorre justamente pela junção entre conhecimento técnico aliado ao uso de recursos tecnológicos.

Ao final do fluxo proposto descrito a seguir, o aluno deverá ser capaz de compreender todas as etapas relacionadas à parte prática do treinamento. A interação do aluno com o equipamento ou ambiente, reforçará seu aprendizado. Um fator determinante para o sucesso do método é a fidelidade das informações. O ambiente ou equipamento virtual necessariamente precisam ser idênticos ao real, com riqueza

de detalhes e todos os graus de interação do ambiente real, proporcionando uma imersão altamente eficaz do aluno.

Para melhor entendimento, observa-se na FIGURA 5 um fluxo de trabalho para a capacitação proposta:

FIGURA 5 - FLUXO PARA DESENVOLVIMENTO DO TREINAMENTO.



FONTE: O Autor (2022).

Conforme observa-se, todas as etapas necessitam estar bem claras e definidas para garantir a qualidade imersiva da capacitação, melhores explicadas na sequência.

#### 4.1. ETAPA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

É a fase inicial e mais importante do trabalho. É aqui nesta etapa onde o profissional responsável pela capacitação precisa compreender em detalhes qual o objetivo principal do treinamento, seja para operação, manutenção ou simulações diversas. O profissional deverá dimensionar cada treinamento de acordo com a complexidade do equipamento e da operação, personalizando-o para que cada etapa da simulação virtual remeta o aluno à um ambiente fiel ao ambiente real. Todo o funcionamento da máquina ou linha precisa ser muito bem compreendido, para a posterior reprodução de movimentos, ações e interações com o operador. O conhecimento técnico na respectiva norma regulamentadora por parte do responsável pelo desenvolvimento é fundamental. A parte de modelagem, programação em realidade virtual e escaneamento, demandam tempo e conhecimento específico em alguns softwares, porém, sempre de acordo com os critérios estabelecidos pelo responsável técnico do treinamento.

Algumas perguntas são primordiais para a personalização do treinamento, como por exemplo:

- ✓ O treinamento é para operadores ou manutentores?
- ✓ Quais os principais riscos presentes no equipamento?
- ✓ Quais os procedimentos que devem ser seguidos pelo aluno?
- ✓ Quais movimentos, graus de liberdade, acessos que precisam ser conhecidos?
- ✓ Quais as ações que podem e não podem ser tomadas pelo aluno?
- ✓ Quais os resultados esperados ao final do treinamento?

Questionamentos estes que permitem personalizar o ambiente virtual exatamente conforme o ambiente real, com os mesmos movimentos do equipamento, mesmos campos de visão, mesmas ações a serem tomadas pelo aluno, potencializando o aprendizado e tomadas de decisão em situações reais frente ao equipamento.

## 4.2. ETAPA DE CAPTURA DA REALIDADE

Aqui se encontra um grande diferencial tecnológico se comparado a alguns trabalhos similares de treinamentos virtuais. Ter uma varredura abrangente de todo o local do projeto, do ambiente ou da instalação com riqueza de detalhes, é fator determinante para a qualidade do treinamento.

A precisão da captura da realidade é extremamente importante. Hoje com a tecnologia de captura da realidade disponível, eliminamos a necessidade de modelagens “aproximadas”, dando somente uma ideia do ambiente. A qualidade dos equipamentos a laser para esta coleta interfere diretamente neste quesito.

Esta precisão na captura irá interferir diretamente na qualidade da modelagem, etapa posterior a esta, que por sua vez se relaciona diretamente com a qualidade da imersão desejada nos treinamentos. Arquivos em nuvem de pontos são obtidos ao escanear um ambiente, o que servirá de base para a modelagem detalhada e precisa, com riqueza de detalhes. Com a criação de nuvens de pontos através da digitalização a laser, milhões de pontos são agrupados e, quando combinados com fotografias em alta definição, oferecem um detalhamento da mais alta acuracidade do ambiente.

Cada ponto capturado é mapeado em um sistema de coordenadas XYZ, fornecendo uma saída em várias extensões, dependendo dos softwares utilizados, que servirão de base para as etapas posteriores.

A tecnologia de digitalização usa informações de uma gama de fotos e pontos digitalizados em segundos no momento da captura.

Importante ressaltar aqui que um dos pontos de maior atenção nesta etapa de digitalização, é o alto valor do equipamento e softwares de captura da realidade. Nas atuais condições e realidade brasileira, grande parte das empresas possui limitações financeiras para o acesso à este tipo de serviço. Contudo, com o avanço da tecnologia e globalização, a tendência é cada vez maior da possibilidade de obtenção e contato com este tipo de recurso.

Na FIGURA 6 observa-se uma imagem do equipamento laser scanner utilizado na captura da realidade.

FIGURA 6 - EQUIPAMENTO LASER SCANNER



FONTE: Leica Geosystems (2021)

O equipamento é parte fundamental do processo de digitalização de uma instalação. Quanto melhor sua qualidade, maior o nível de detalhamento obtido no processo de captura da realidade, privilegiando a etapa de modelagem do ambiente.

Na FIGURA 7 observa-se o equipamento a laser posicionado para realização da captura da realidade em uma instalação para posterior treinamento operacional na NR-12 em uma prensa hidráulica.

FIGURA 7 - EQUIPAMENTO LASER SCANNER DURANTE CAPTURA.



FONTE: O Autor (2021).

Conforme já elencado, esta etapa pode ser considerada a mais “delicada” em um processo de digitalização, pois o custo do equipamento e softwares de processamento da nuvem possuem valores elevados.



Na FIGURA 8 observa-se uma instalação industrial sendo escaneada para posterior modelagem. O equipamento de captura da realidade pode ser visto em campo, no detalhe abaixo. E, na sequência, o arquivo em nuvem de pontos gerado durante a coleta.

FIGURA 8 - EQUIPAMENTO A LASER DURANTE COLETA DE CAMPO.



FONTE: O Autor (2021).

Na referida imagem, observa-se uma instalação real sendo escaneada e também o arquivo gerado em nuvem de pontos, de modo a exemplificar sua utilização.

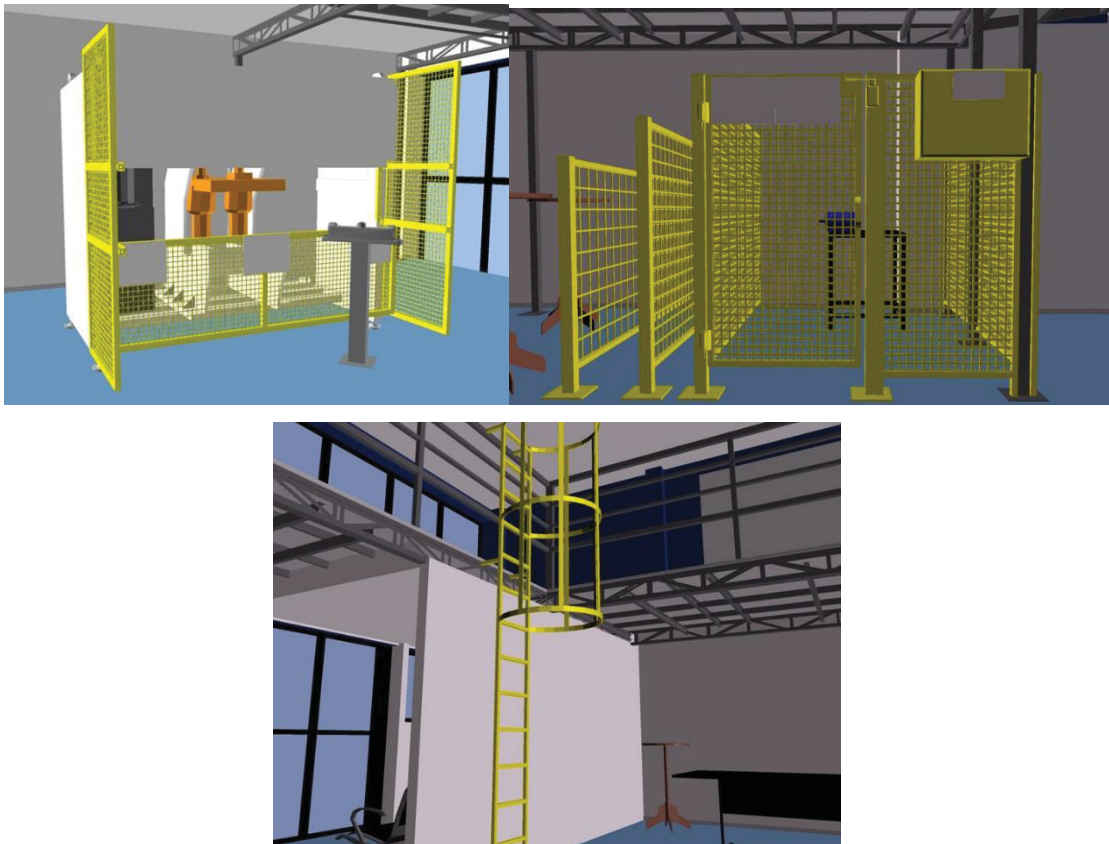
#### 4.3. ETAPA DE MODELAGEM

Aqui os arquivos obtidos pelo equipamento laser scanner (nuvem de pontos), servem de base para a modelagem sólida do ambiente, equipamento ou instalação onde se aplicará o treinamento.

Diversos softwares podem ser encontrados no mercado para desenvolver esta modelagem. Entre os mais utilizados e com grau elevado de qualidade, o Inventor, Revit e 3DS MAX se destacam. A modelagem se apoiará na riqueza de detalhes obtida na fase da captura da realidade, daí a importância da utilização de um equipamento de alta precisão. Esta fase da modelagem antecede a fase da realidade virtual.

Na FIGURA 9 observam-se algumas modelagens em ambientes de treinamento.

FIGURA 9 - AMBIENTES MODELADOS EM REVIT, INVENTOR E 3DS MAX.



FONTE: O Autor (2022).

De acordo com cada aplicação e necessidade, um grau de detalhamento pode ser desenvolvido na etapa de modelagem. Um grau de detalhamento preciso, que remete o ambiente virtual ao real, proporcionará uma melhor qualidade de imersão, e, conseqüentemente, uma melhor qualidade do treinamento.

#### 4.4. ETAPA DA REALIDADE VIRTUAL

As ferramentas e recursos atuais de visualização de modelo transformam modelos virtuais legíveis por máquina em modelos de visualização legíveis por humanos, por meio de algumas tecnologias de visualização.

Nesse processo, tecnologias de visualização, como técnicas de realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR), podem ser usadas para aumentar o efeito de visualização do modelo e a experiência sensorial humana. As ferramentas de modelagem são usadas para o desenvolvimento do modelo durante a fase de modelagem, enquanto as ferramentas de simulação são usadas para executar os modelos.

Na FIGURA 10 observa-se uma turma de treinamento em realidade virtual em andamento.

FIGURA 10 - TREINAMENTO SENDO MINISTRADO.



FONTE: O Autor (2022).

Durante o treinamento, o instrutor executa a parte prática de modo a demonstrar a utilização do equipamento, explicar, detalhar o objetivo da parte prática em realidade virtual aos alunos. Na sequência, de modo a promover a retenção do conhecimento despertada pela tecnologia, os alunos então utilizam o dispositivo com o auxílio do instrutor, realizando as devidas interações exatamente como se fosse no ambiente físico real. É neste momento que o aluno tende a comparar os ambientes físico e digital, portanto, a riqueza de detalhes desenvolvida ao longo de cada etapa é primordial!



Na FIGURA 11 observam-se algumas aplicações de realidade virtual em instalações industriais. Neste ambiente em específico, capacitações em NR-10, NR-12 e NR-33 são comumente desenvolvidas com alunos de diversas empresas.

FIGURA 11 - MÁQUINAS EM AMBIENTE IMERSIVO.



FONTE: O Autor (2021).

A contínua evolução das tecnologias disponíveis no mercado no segmento de realidade virtual, proporcionam um elevado grau de imersão por parte do aluno, tornando a experiência neste ambiente um fator importante para a retenção do conhecimento. O simples fato de o aluno poder ter contato direto com este tipo de tecnologia, desperta seu interesse pelo aprendizado. Ao comparar um ambiente totalmente virtual, porém com riqueza de detalhes que o remete ao ambiente real, o aluno amplifica o aprendizado, quando comparado a um método *online* convencional.

Na FIGURA 12 observa-se o dispositivo utilizado nos treinamentos para visualização do ambiente virtual.

FIGURA 12 - ÓCULOS DE REALIDADE VIRTUAL UTILIZADO, MODELO RIFT-S.



FONTE: <https://www.oculus.com> (2022)

Diversos modelos podem ser encontrados no mercado, variando seus níveis de qualidade, imersão, tecnologia e conseqüentemente, investimento.

Um ponto observado na realização de alguns treinamentos que merece atenção é que a imersão pode proporcionar sensações desconfortáveis, variando de pessoa para pessoa. Alguns alunos relataram náuseas, tonturas e sensações desconfortantes durante o uso. Outros relataram sensações “deslumbrantes” e que repetiriam a experiência sem problemas.

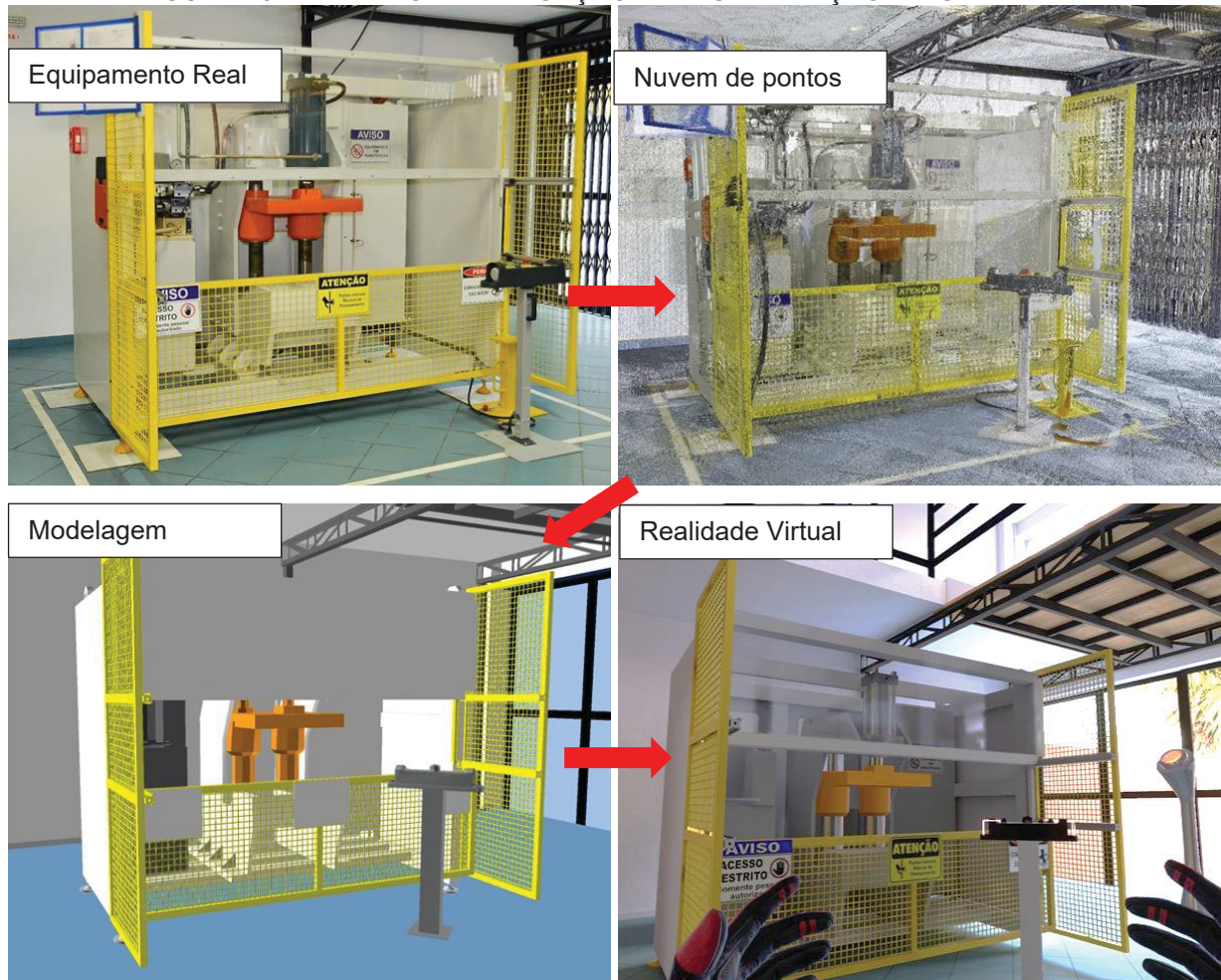
Ainda no Brasil este tipo de equipamento não é muito comum entre a população. Opções muito mais baratas são largamente utilizadas, porém, com nível de qualidade infinitamente inferior.

Esta versão apresentada, profissional, é utilizada realmente por empresas, indústrias e prestadores de serviço que necessitam de qualidade de imersão para fins corporativos, e não para simples recreação.

Do mesmo modo que o equipamento de captura da realidade, o laser scanner, a globalização estreita fronteiras a cada dia, viabilizando cada vez mais a aquisição de equipamentos de melhor qualidade.

Na FIGURA 13, observa-se uma prensa hidráulica utilizada para treinamentos de NR-12 de operadores e de NR-10 para profissionais que trabalham com partes energizadas, passando pelas etapas acima descritas. Comparando o ambiente imersivo com o real, a semelhança notada é de extrema fidelidade. Inclusive a parte sonora do grupo hidráulico do equipamento, complementa a capacitação, dando ainda mais a sensação de realidade do ambiente.

FIGURA 13 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO EM UMA PRENSA.



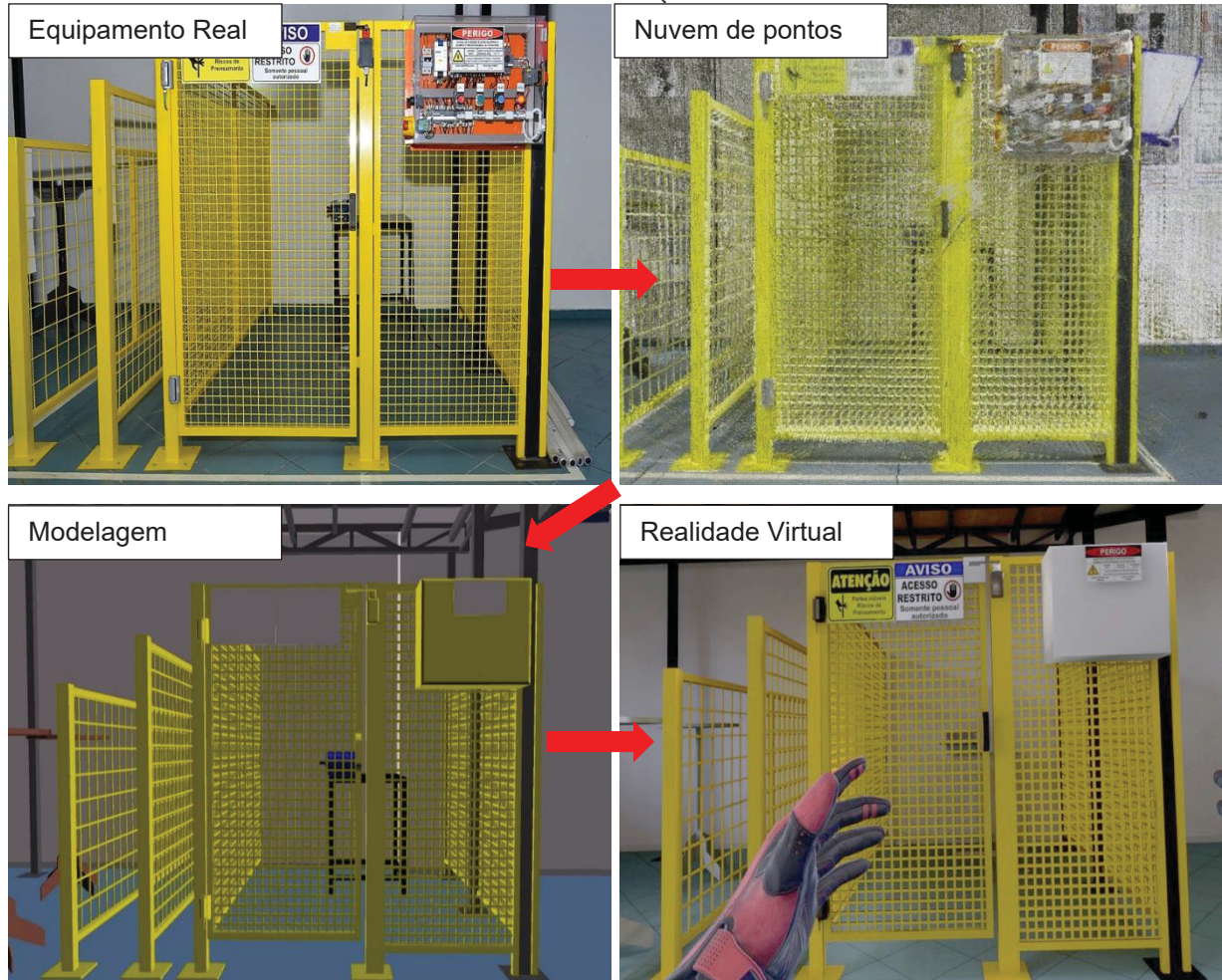
FONTE: O Autor (2022).

Como enfatizado anteriormente, não se pode comparar a eficácia de um treinamento prático presencial, porém, a possibilidade da utilização da tecnologia como alternativa aos treinamentos *online* convencionais, proporciona ao aluno uma experiência diferenciada. A interação com o equipamento através da tecnologia, por si só, desperta no aluno o sentimento de curiosidade e realização, fazendo com que ocorra naturalmente a retenção do conhecimento.



Na FIGURA 14, observa-se uma célula de produção, onde foram reproduzidos todos os movimentos do equipamento em ambiente virtual.

FIGURA 14 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO EM CÉLULA INDUSTRIAL.



FONTE: O Autor (2022).

Observa-se então que na metodologia proposta, o emprego da tecnologia em processos de capacitação de pessoas é perfeitamente possível. Porém, alguns pontos merecem atenção:

- O alto investimento em equipamentos e softwares pode ser um problema;
- A necessidade de conhecimento técnico profundo na norma regulamentadora em questão se faz necessário. De nada adiantaria um ambiente digitalizado, com total interação, sem a parte técnica da norma em sua essência.

Nos resultados parciais à seguir, será possível conhecer as avaliações dos alunos em diferentes métodos bem como as próximas etapas da pesquisa, onde a avaliação do método proposto será discutida.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A metodologia aplicada neste trabalho se diferencia dos demais similares pesquisados, principalmente, no quesito fidelidade das informações. Ambientes virtuais fiéis aos reais, com toda a riqueza de detalhes proporcionada pelo escaneamento a laser, pode ser considerado um fator determinante para a retenção do conhecimento do aluno. A comparação entre os ambientes e a comprovação por parte do aluno da equivalência entre eles, estimula sua imaginação, retém sua atenção e praticamente anula sua dispersão, conforme observado no capítulo de análise dos resultados. Na sequência podem ser observados detalhes da aplicação e avaliação do método, com base no questionário de avaliação do treinamento.

### 5.1. APLICAÇÃO PRÁTICA DO MÉTODO PROPOSTO

Conforme descrito nos capítulos anteriores deste trabalho, a aplicação prática do treinamento em ambiente imersivo foi realizada em duas indústrias de grande porte localizadas na região metropolitana de Curitiba, PR, pertencentes à um mesmo grupo. As empresas são líderes nacionais na fabricação de artefatos de fibra de vidro e materiais compósitos, utilizados na fabricação de postes, dutos e tubulações que exigem grande resistência mecânica e durabilidade, contando atualmente com cerca de 400 funcionários diretos.

Os colaboradores dos setores de produção e manutenção participaram das interações imersivas de modo a comparar a capacitação anteriormente ministrada de modo *online* convencional. Alguns colaboradores da direção e gestão da empresa, participaram somente da parte imersiva com o intuito de adquirir conhecimento da tecnologia para futuras aplicações na empresa.

Após a realização de cada treinamento, o aluno preencheu um questionário de avaliação de acordo com o seu grau de satisfação, sendo este o principal parâmetro utilizado neste trabalho para comprovar a eficácia do método.

A pesquisa de satisfação foi realizada com uma população de 44 pessoas da unidade, de modo a avaliar pontos relevantes do método.

Por motivos de confidencialidade e por estar passando por um processo de fiscalização do trabalho, a empresa solicitou que não fosse caracterizada neste



trabalho, bem como nomes ou imagens dos colaboradores e, ainda, suprimindo qualquer logomarca dos uniformes que pudessem identificar a empresa avaliada.

Na FIGURA 15 abaixo, observa-se o ambiente utilizado para a realização da parte prática de um treinamento em altura (NR-35). O ambiente foi escolhido pela empresa por ser o de maior utilização pela equipe operacional para manobras de processo, com maior necessidade de mão de obra capacitada em atividades desta natureza.

FIGURA 15 – IMAGENS DA ÁREA UTILIZADA PARA O TREINAMENTO EM ALTURA

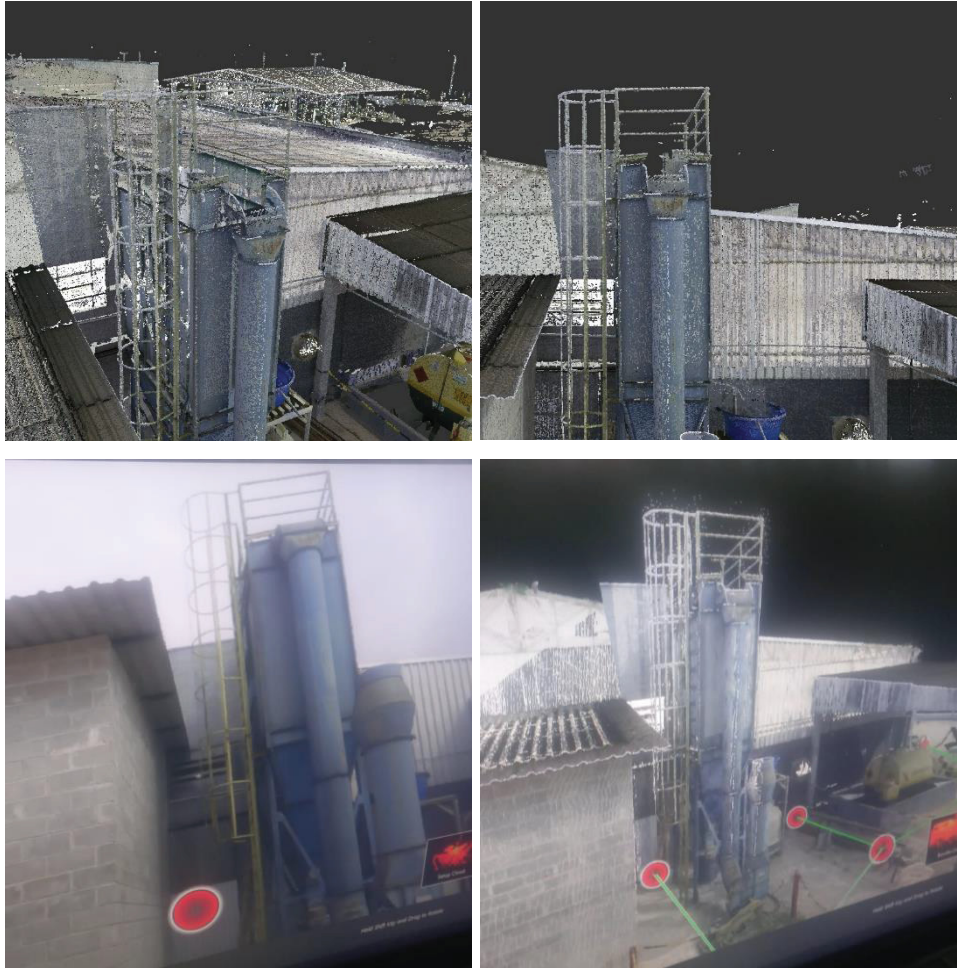


FONTE: O Autor (2022).

As equipes de trabalhadores dos setores de produção e manutenção passaram pelo processo de capacitação na norma regulamentadora 35 (NR-35) entre os meses de setembro e novembro de 2022, em formato híbrido (parte presencial e parte *online* convencional), podendo em seguida ter a experiência da parte prática com a utilização da virtualização imersiva, especificamente no mês de novembro de 2022, comparando os métodos.

Na FIGURA 16 observam-se imagens da nuvem de pontos geradas do local da instalação, utilizado para a imersão na norma regulamentadora 35 (NR-35).

FIGURA 16 – AMBIENTE EM NUVEM DE PONTOS UTILIZADO



FONTE: O Autor (2022).

O treinamento prático aplicado abordou tanto a imersão na própria nuvem de pontos, quanto em um ambiente modelado. O resultado relatado pelos participantes foi positivo para as duas situações.

Na FIGURA 17 observam-se diversas imagens de alguns dos colaboradores da empresa sendo treinados em uma prática em ambiente imersivo. As práticas foram aplicadas nas equipes de manutenção, produção e em algumas pessoas do setor administrativo e gestão.

FIGURA 17 – TREINAMENTO PRÁTICO SENDO APLICADO.



FONTE: O Autor (2022).

O treinamento prático aplicado foi realizado nas duas unidades do grupo, localizadas no mesmo endereço, porém em barracões distintos.

## 5.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA

Um questionário com 26 perguntas foi elaborado com questões estratégicas para avaliação do método, de modo que ao final do treinamento imersivo, cada um dos entrevistados respondesse algumas questões, sendo possível compilar as respostas e concluir com os resultados obtidos.

A avaliação elaborada pelo autor e as respostas registradas pelos entrevistados, podem ser observadas no Apêndice A.

Com as perguntas respondidas pelo público envolvido no treinamento, é possível então obter a compilação dos dados para a análise final dos resultados.

A avaliação da eficácia objetiva medir a “percepção” de retenção do conhecimento, de segurança dos avaliados e da redução da distração e não efetivamente a retenção do conhecimento.

## 5.3. COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diversos gráficos de compilação das respostas sobre cada questão respondida, apresentadas no capítulo 5.2 deste trabalho, podem ser observados de modo a compreender a aplicabilidade, tendência, pontos fortes, satisfação, dificuldades e pontos a melhorar, do método proposto.

A população avaliada foi de 44 pessoas, durante o mês de novembro de 2022. Todos os usuários participaram de forma ativa da experiência, registrando suas respostas no questionário já apresentado.

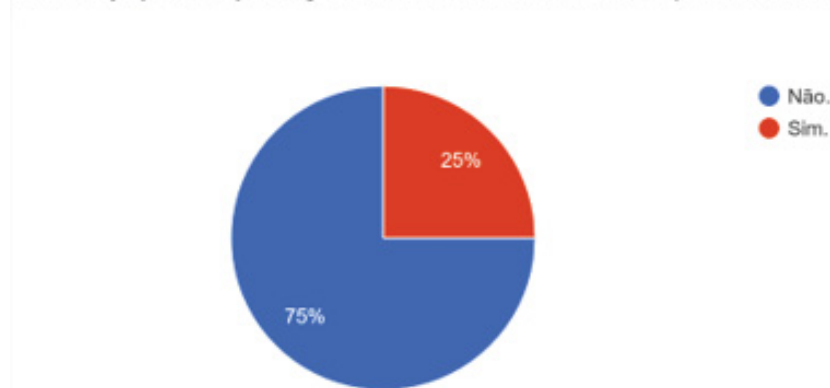
As perguntas de 1 a 4 ficarão de fora desta análise, pois são apenas informações pessoais como nome, empresa e contatos. Serão apresentados neste trabalho somente os gráficos com as perguntas e respostas mais relevantes para a validação do método proposto.

Na FIGURA 18, referente à pergunta 5, se comprova que 75% dos avaliados nunca passou por um treinamento de virtualização imersiva, o que comprova a inovação do método proposto.



Apenas 25% dos entrevistados teve algum tipo de contato com a tecnologia, porém, em relato, treinamentos de CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes), e sem abordagem em ambiente industrial.

FIGURA 18 – RESULTADO REFERENTE AO CONTATO COM A TECNOLOGIA  
5. Você já passou por algum treinamento em virtualização imersiva?



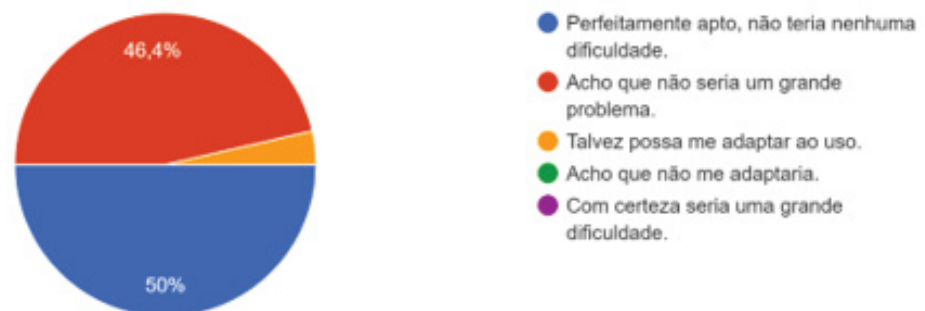
FONTE: O Autor (2022).

Verifica-se que a grande maioria nunca teve uma experiência de virtualização imersiva e, a minoria que já teve algum contato, o tema do treinamento não era relacionado com algo similar ao proposto.

Na FIGURA 19, referente à pergunta 7 do questionário, observa-se um ponto positivo, porém, não esperado.

Quase a totalidade dos entrevistados respondeu que não tem nenhuma, ou quase nenhuma dificuldade em operar os comandos manuais do sistema (joysticks).

FIGURA 19 – RESULTADO REFERENTE À DIFICULDADE DE MANUSEIO  
7. Você se considera apto para aprender e utilizar os controles da realidade virtual durante treinamento em virtualização imersiva? (Sobre a sua dificuldade no manuseio)



FONTE: O Autor (2022).

Este índice relatado não era o esperado no início do desenvolvimento deste trabalho.

Por se tratar de uma novidade, esperava-se uma quantidade maior de pessoas com dificuldades no manuseio e operação do sistema.

A “gameficação” cada vez mais presente nas casas, pode ter contribuído para este índice, pois assemelha-se em partes com o sistema utilizado na capacitação.

Esta “surpresa” pode ser encarada como uma “boa surpresa”, pois não seria um fator bloqueante na implantação de um sistema equivalente imersivo para capacitações.

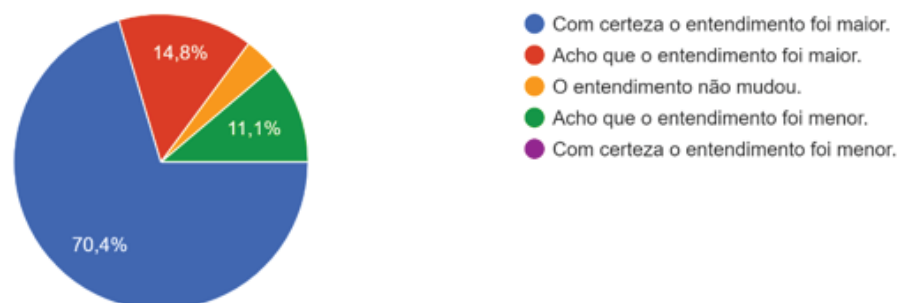
O foco principal desta pesquisa é realmente a comprovação do aumento da eficácia em treinamentos utilizando a virtualização imersiva, quando comparado às plataformas *online* tradicionais, analisando, principalmente, a aceitação da população pesquisada.

Na FIGURA 20, referente à questão 8 do questionário, de um modo geral, observa-se que mais que 85% dos entrevistados afirmam que o entendimento foi maior utilizando a virtualização imersiva se comparado aos moldes *online* tradicionais, neste caso, as plataformas Zoom e Teams, por exemplo.

Na mesma linha, observa-se que mais de 90% dos entrevistados ainda afirma que para treinamentos em espaços confinados e trabalhos em altura, a virtualização imersiva contribui para uma maior assertividade, conforme observa-se na FIGURA 21, referente à pergunta 10 do questionário aplicado.

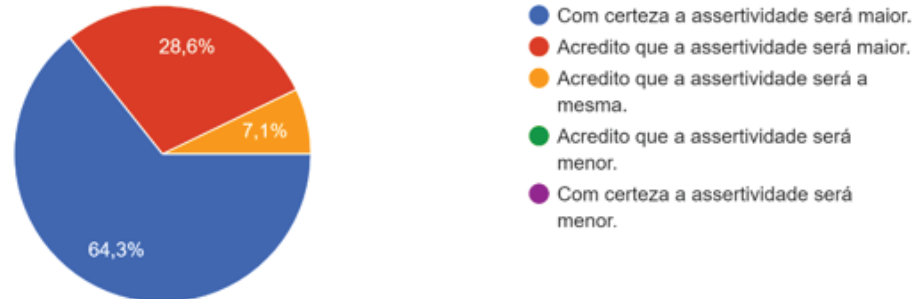
FIGURA 20 – ANÁLISE DO ENTENDIMENTO DO CONTEÚDO UTILIZANDO A IMERSÃO

8. Comparado às plataformas online tradicionais (ZOOM/TEAMS) você acha que o treinamento em virtualização imersiva proporcionou um entendimento maior do conteúdo aplicado?



FONTE: O Autor (2022).

FIGURA 21 – ANÁLISE DA ASSERTIVIDADE EM TREINAMENTOS DE NR-33 E NR-35  
 10. Você acredita que o treinamento imersivo contribui para uma maior assertividade e entendimento em trabalhos em altura e espaços confinados, por exemplo?



FONTE: O Autor (2022).

Na análise dos resultados dos dois gráficos apresentados, fica evidenciado que a virtualização imersiva, tanto em treinamentos diversos, quanto em treinamentos específicos de normas regulamentadoras, como os citados, quando comparados aos modelos online convencionais, se destaca no quesito assertividade e entendimento por parte do aluno, o que comprova que o método é eficaz para esta população.

Esta comprovação da grande diferença do percentual de pessoas que já passaram por treinamentos práticos, em comparação com a virtualização, já era esperada no início do trabalho, pois o método é inovador.

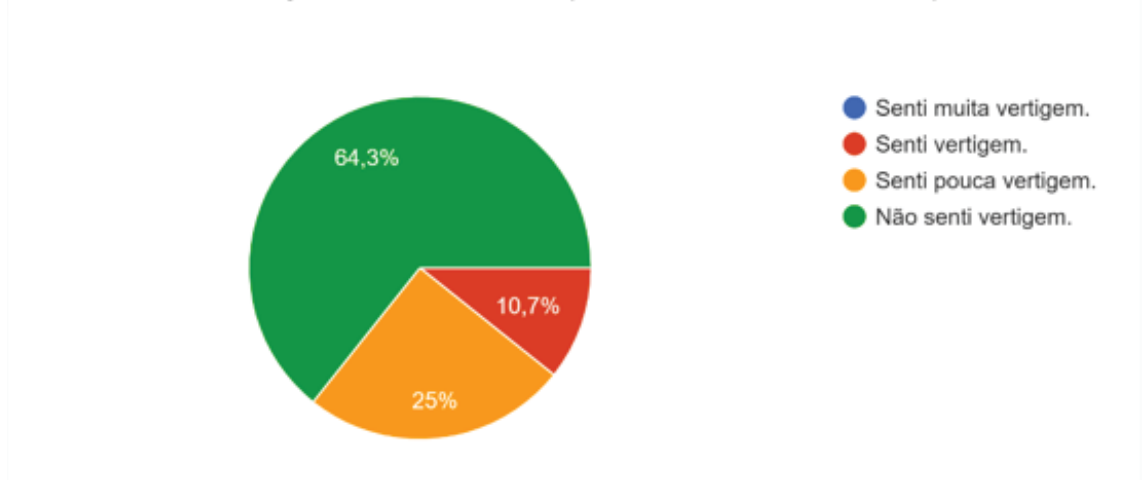
Um outro fator de grande relevância para o estudo e viabilidade do método proposto, seria a possibilidade de vertigem dos alunos durante a aplicação da imersão no ambiente.

Para a realização da parte prática do treinamento na norma regulamentadora 35 (NR-35), o aluno é colocado em situações que oferecem uma sensação muito parecida com a condição real, ou seja, ele observa o ambiente virtual como se estivesse realmente no mesmo ambiente físico. A riqueza de detalhes do método proposto oferece uma experiência diferenciada. Não se trata somente de um ambiente preparado, mas sim, exatamente o mesmo ambiente ao qual o aluno está habituado a desenvolver suas rotinas diárias de operação.

A comparação do aluno entre o ambiente ao qual está acostumado e o ambiente imersivo, é o grande diferencial do método. A FIGURA 22, referente à questão 15 do questionário, apresenta os resultados relativos à vertigem.

FIGURA 22 – ANÁLISE DA SENSAÇÃO DE VERTIGEM DOS ALUNOS

15. Você sentiu vertigem durante a utilização do óculos de virtualização imersiva?



FONTE: O Autor (2022).

Observa-se que 64% dos pesquisados relatou que não sentiu vertigem durante a aplicação do método. Outros 35% relataram que sentiram certo tipo de vertigem, em graus diferentes, porém, sentiram. Este é um fator de extrema relevância para o método, pois pode se tornar um fator impeditivo para algumas empresas. A análise de um grau menor de imersão pode ser avaliada, conforme cada caso.

Já na FIGURA 23 e FIGURA 24, questões 16 e 17 do questionário, respectivamente, o quesito dispersão foi analisado.

O uso de celulares, mensagens, conversas, movimentações, entre outros fatores, certamente afetam a concentração do aluno durante um treinamento. Este fator dispersão teve um incremento significativo com a evolução da tecnologia dos smartphones.

A grande maioria da população brasileira, e até mesmo mundial, possui um telefone celular que, além de sua utilização principal como telefone, possuem funções como jogos, e-mails, contas de redes sociais, clima, filmes e infinitos aplicativos com as mais diversas finalidades, potencializando desta maneira, o fator dispersão.

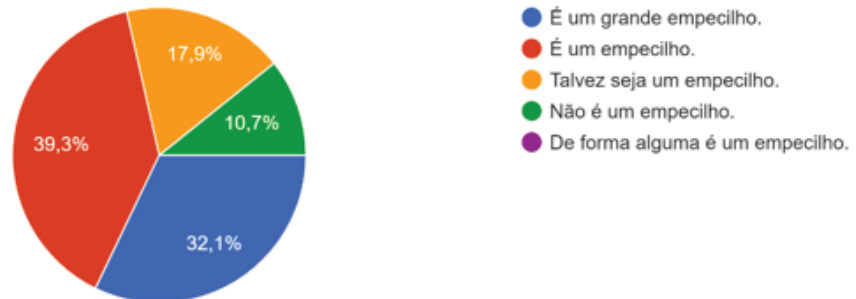
Em treinamentos tanto na modalidade *online* convencional, como na modalidade presencial, a dispersão pode ser considerada um problema para a retenção do aprendizado.

A comparação do fator distração utilizando as plataformas *online* Zoom e Teams foram comparadas com a utilização do método proposto, sendo apresentados os resultados abaixo.



FIGURA 23 – ANÁLISE DO FATOR DISPERSÃO

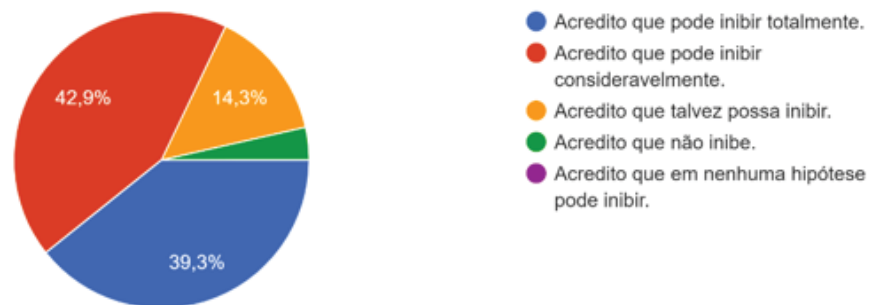
16. Na sua opinião, em treinamentos realizados nas plataformas convencionais (ZOOM/TEAMS), a dispersão/distração são empecilhos na retenção do conhecimento? (Uso do celular, por exemplo)



FONTE: O Autor (2022).

FIGURA 24 – ANÁLISE DA INIBIÇÃO DA DISTRAÇÃO UTILIZANDO O MÉTODO

17. Por outro lado, na sua visão, a virtualização imersiva pode inibir ou reduzir consideravelmente essas distrações?



FONTE: O Autor (2022).

Observa-se nos gráficos apresentados que somente 10% da população avaliada considera que a distração não é um empecilho na retenção do conhecimento, porém, praticamente 90% dos entrevistados considera que, em algum nível, este fator é um problema no aprendizado.

Na mesma linha, mais de 97% dos entrevistados concorda que o método proposto de virtualização imersiva pode inibir tais distrações. Este indicador é de extrema importância para a viabilidade do método, pois quando o aluno está em um ambiente totalmente imersivo, encontra-se neste momento utilizando um óculos de realidade virtual, não podendo ver ao redor, distrair-se com movimentações, operar seu telefone celular, entre vários outros fatores que ocasionariam sua dispersam. Está

completamente focado e direcionado à experiência imersiva, potencializando, mesmo que inconscientemente, seu aprendizado.

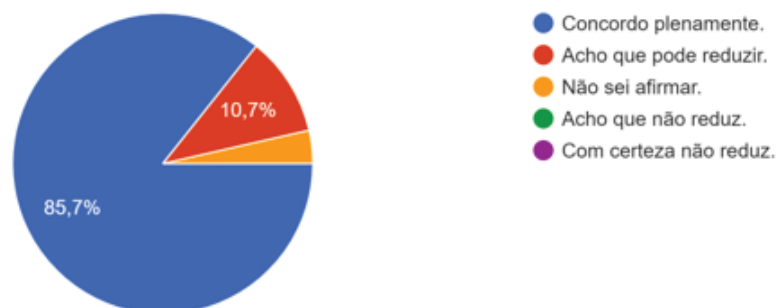
O fator risco de acidentes também foi avaliado na pesquisa. Não é incomum chegar ao nosso conhecimento a ocorrência de acidentes com alunos durante a aplicação de treinamentos práticos. Especificamente no treinamento aplicado e desenvolvido para validação do método, a capacitação para trabalhos em altura se mostra um treinamento de alto risco. Expor o aluno em determinada altura, já pode ser considerado um fator de risco. Várias pessoas sequer imaginam que sofrem ou poderão sofrer uma crise de pânico, por exemplo, quando expostas em uma situação de risco. No caso, serem colocadas em um ambiente com altura superior ao qual não estão habituadas.

O método proposto, pela sua riqueza de detalhes e alto grau de imersão, proporcionam a sensação de altura no aluno, porém, em um ambiente controlado, com total segurança. Em caso de detecção de uma possível crise por parte do aluno, consegue-se então o grau máximo de resultado do método proposto: O de ação preventcionista, garantindo que aquele aluno não teria condições de ser exposto em uma condição real de altura!

Na FIGURA 25, questão 25 do questionário aplicado, observa-se a análise do fator risco por parte dos alunos, quando submetidos à altura.

FIGURA 25 – ANÁLISE DA REDUÇÃO DOS RISCOS

25. Quanto aos riscos: Você concorda que a virtualização imersiva pode reduzir a incidência de acidentes durante os treinamentos? (Queda de nível, por exemplo).



FONTE: O Autor (2022).

Do total de alunos que realizaram a experiência em altura em um ambiente imersivo, mais de 96% concordam que a utilização do método proposto pode reduzir a

incidência de acidentes durante os treinamentos. Nenhum dos entrevistados respondeu ao contrário. Este fator comprova que o método, além da amplificação da retenção do conhecimento, descrito anteriormente, também contribui para a eliminação dos riscos de acidentes durante os treinamentos. O benefício de poder errar, simular e testar sem causar nenhum impacto real negativo, é fundamental.

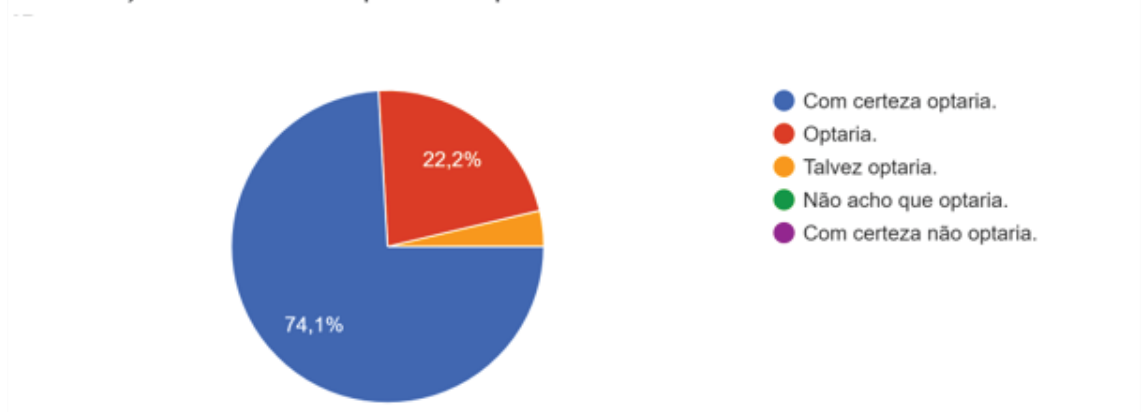
E, finalizando a análise do método proposto, além das questões técnicas analisadas, o fator possibilidade de aplicação nas respectivas empresas também é um item relevante.

De nada adiantaria o método ser bem avaliado pelos alunos, se não tivesse a perspectiva de aplicação prática nas empresas.

A FIGURA 26, questão 26 do questionário, apresenta a análise das respostas dos alunos relativa à esta questão.

FIGURA 26 – ANÁLISE DA VIABILIDADE

26. Diante da sua experiência com o método, você recomendaria realizar treinamentos em virtualização imersiva na empresa em que trabalha?



FONTE: O Autor (2022).

Do total de alunos que responderam ao questionário, mais de 96% dos entrevistados responderam que sim, recomendariam em suas empresas a utilização da virtualização imersiva na realização de treinamentos.

Este fator positivo é fundamental para o desenvolvimento de cada vez mais métodos imersivos, abrangência de aplicações e normas no processo de capacitação nas empresas.

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho, um novo método de capacitação em normas regulamentadoras é proposto, utilizando a tecnologia de ponta e a virtualização imersiva para o completo desenvolvimento e aplicação destes treinamentos.

Em comparação aos sistemas *online* tradicionais, utilizando plataformas como *Teams*, *Zoom*, *Google Meet* e similares, os treinamentos virtuais através da digitalização e imersão se mostram eficazes, promovendo ainda a segurança dos treinandos, flexibilidade e otimização de recursos das companhias.

Além disso, o método proposto tem a flexibilidade para a aplicação das capacitações, que são regulamentos legais, podendo ser utilizado de qualquer lugar, a qualquer hora, em um ambiente totalmente imersivo, amplificando a retenção do conhecimento.

O primeiro objetivo proposto no item 1.4 foi atingido pela fundamentação teórica que comprova a tendência nas capacitações na modalidade *online*, observada na justificativa do trabalho, no item 1.3.

Para a realização da análise parcial dos resultados, o histórico das avaliações dos treinamentos realizados pelos alunos no período em questão, que é de dois anos antes e dois anos após o início da pandemia, foi considerado.

O segundo objetivo proposto, que é desenvolver um método de capacitação em normas regulamentadoras utilizando a virtualização imersiva, foi atingido com a apresentação do fluxo de trabalho, conforme item 4 desta pesquisa.

O terceiro e último objetivo, que é validar o método proposto através de pesquisas comparativas de satisfação do aluno, foi desenvolvido conforme cronograma de trabalho proposto.

Com esta última etapa finalizada, apresentam-se agora os resultados obtidos comprovando a eficácia do método proposto.

A contribuição deste trabalho se dá, principalmente, nos seguintes aspectos: (1) Garantir o atendimento das normas regulamentadoras no quesito capacitação, utilizando a tecnologia de imersão. (2) Apresentar a possibilidade da utilização de tecnologia imersiva também na área de treinamentos, desvinculando o entendimento de aplicações somente na engenharia aplicada. (3) “Contornar” de maneira tecnológica, algumas restrições impostas pelo fator pandemia, como as aglomerações em treinamentos presenciais. (4) Apresentar a possibilidade de realização de

treinamentos virtuais com total imersão, qualidade e retenção do conhecimento, em substituição às apresentações de meros “slides” ou transmissões *online* simultâneas. (5) Mostrar um novo formato de treinamentos, alinhado com a evolução tecnológica pela qual o mundo está passando. (6) Comprovar que a retenção do conhecimento é maior utilizando o método, quando comparada aos modelos tradicionais. (7) Comprovar que o método proposto reduz quase que na totalidade a dispersão causada por agentes externos, como celulares e conversas, se comparado aos métodos tradicionais. (8) Comprovar que a modalidade reduz os riscos de acidentes comparando com o método prático de instrução. (9) Comprovar que a grande maioria do público pesquisado optaria pela utilização da virtualização imersiva em treinamentos, o que mostra que o método é promissor.

A aplicação prática do treinamento imersivo, compilação dos dados e análise dos resultados, confirmam a viabilidade proposta no método. À medida que o país se desenvolve tecnologicamente, o método terá sua aplicabilidade cada vez mais acessível e comprovada.

## 6.1. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Analisando os resultados obtidos, outras possibilidades de treinamentos em virtualização imersiva utilizando

Sugestão 01 – Treinamento utilizando somente a nuvem de pontos para oferecer uma imersão diretamente no ambiente sem a etapa de modelagem, reduzindo o custo e tempo do projeto. Não haveria necessidade da etapa de modelagem;

Sugestão 02 – Desenvolvimento do projeto de treinamento imersivo em plataforma multiusuário, ampliando a abrangência para fora do respectivo espaço físico e possibilitando capacitar diversas pessoas ao mesmo tempo, em qualquer lugar, simultaneamente;

Sugestão 03 – Treinamento em virtualização imersiva sem a necessidade de operação dos comandos manuais por parte dos operadores, sendo necessário somente a colocação do óculos. Um roteiro pré-definido em formato de um vídeo imersivo sendo apresentado ao operador, de modo a medir sua concentração, possíveis fobias e demais aspectos relevantes ao tema proposto. Otimização de tempo seria um grande avanço nesta proposta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Ulisses Ferreira. **A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social.** ETD - Educação Temática Digital, Campinas, SP v.12, n.esp., p.31-48, mar. 2011. ISSN 1676-2592. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/1202>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **ABNT NBR ISO 9000:2015. Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015, 59p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO – ANAMT. **Brasil é quarto lugar no ranking mundial de acidentes de trabalho.** Disponível em: <http://www.anamt.org.br/portal/2018/04/19>.

BIRT, J.; VASILEVSKI, N. **Comparison of Single and Multiuser Immersive Mobile Virtual Reality Usability in Construction Education.** Educational Technology and Society, v. 24, n. 2, p. 93–106, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104000685&partnerID=40&md5=836ca2dae807fbe23d35ef2b3b16e98e>.

CARDELLA, B. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes. Uma abordagem holística.** 10ª reimpressão. São Paulo: ATLAS, 2011.

CHEN; CHWEN; JEN; SEONG. **“Are Learning Styles Relevant To Virtual Reality?”** Journal of Research on Technology in Education 38 (2005): 123 - 141.

CHOU; CHIEN; H. L. HSU and YU-SENG YAO. **“Construction of a virtual reality learning environment for teaching structural analysis.”** Computer Applications in Engineering Education 5 (1997). Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Construction-of-a-virtual-reality-learning-for-Chou-Hsu/54f05a47b644e323f1f997db4ac616c8b02d71a8>.

DALGARNO, B; LEE, M. J. W. **What are the learning affordances of 3-D virtual environments?** British Journal of Educational Technology, v. 41, n. 1, p.10-32. 2010.

DANIELLOU, F.; SIMARD, M.; BOISSIÈRES, I. **Fatores humanos e organizacionais da segurança industrial: um estado da arte.** Traduzido do original francês por ROCHA, R., LIMA, F., DUARTE, F. Foundation por une culture de sécurité industrielle, Toulouse, 2013. Disponível em: <https://www.foncsi.org/fr/publications/collections/cahiers-securite-industrielle/fatores-humanos-organizacionais-seguranca-industrial-estado-arte/view>.

DOI: 10.20396/etd.v23i1.8656150. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP v.23 n.1 p. 2-19 jan. /mar.2021 [19] ARTIGO p. 101-104, 2018. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/7184>.

FERNANDES; KIRAN Jude; VINESH H. RAJA and Julian EYRE. **“Immersive learning system for manufacturing industries.”** Comput. Ind. 51 (2003): 31-40. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Immersive-learning-system-for-manufacturing-Fernandes-Raja/6f54fe26eb45bfa04ebd1ec8bc3a761946249670>.

GONÇALVES FILHO, A. P.; RAMOS, M. F. **Acidente de trabalho em sistemas de produção: abordagem e prevenção.** Gestão & Produção, v. 22, n. 2, p. 431-442, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X857-13>.

GONÇALVES, E. A; GONÇALVES, I. C.; GONÇALVES, D. C. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho.** 6. ed. São Paulo: Editora LTr, 2015.

HANNA; NADER; JACOBSON. **“Academic Performance in a 3D Virtual Learning Environment: Different Learning Types vs. Different Class Types.”** PKAW (2014).

HUANG, Y.-C; BACKMAN, S. J; BACKMAN, K. F; MCGUIRE, F. A; MOORE, D. **An Investigation of motivation and experience in virtual learning environments: A Self-determination theory.** Education and Information Technologies, v. 24, n. 1, p. 591-611, 2019.

IMPRESA NACIONAL. Portaria 787, de 27/11/2018. **Dispõe sobre as regras de aplicação, interpretação e estruturação das Normas Regulamentadoras.** Disponível em: <[http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52490706/do1-2018-11-29-portaria-n-787-de-27-de-novembro-de-2018-52490318](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52490706/do1-2018-11-29-portaria-n-787-de-27-de-novembro-de-2018-52490318)>.

KUSCHEL, Christian Felipe; OLIVEIRA; MORAIS; QUARESMA; ROSA; CHICON; MARIOTTO; MOZZAQUATRO. **“EDDIE: agente pedagógico animado integrado em um objeto virtual de aprendizagem”.** Revista interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão, v.5. 2017. Disponível em: [http://200.19.0.178/index.php/electronica/article/view/355-367/pdf\\_156](http://200.19.0.178/index.php/electronica/article/view/355-367/pdf_156).

LEE, AI-LIM; KOK and LANCE, CHUN FUNG. **“Learning with Virtual Reality: Its Effects on Students with Different Learning Styles.”** Trans. Edutainment 4 (2010): 79-90.

LEE, AI-LIM. **“An investigation into the effectiveness of virtual reality-based learning.”** (2011). Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/An-investigation-into-the-effectiveness-of-virtual-Lee/4f24d7022bce1e75fce0bec806bf3bc1c16c549c>.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** Rio de Janeiro: Ed.34, 1993.

LÉVY, Pierre. **O que é virtual?** Rio: Editora 34, 1996.

LIMA JÚNIOR, Arnaud Soares. **Tecnologias inteligentes e educação: currículo, hipertextual.** Rio de Janeiro: Quartet, 2005.

LOPES ALVES, J. L.; MIRANDA JUNIOR, L. C. **Mudança cultural orientada por comportamento.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

MORAES, G. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas.** 8. ed. Rio de Janeiro: GVC, 2011.

OLIVEIRA, J. C. **Segurança e saúde no trabalho, uma questão mal resolvida.** São Paulo em Perspectiva, vol. 17, p. 3-12, 2003. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/spp/v17n2/a02v17n2.pdf>>.

ORTIZ, J. S.; SÁNCHEZ, J. S.; VELASCO, P. M.; et al. **Virtual Training for Industrial Automation Processes Through Pneumatic Controls.** 5th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, SALENTO AVR 2018, 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_51).

PALMER; CLAIRE; BENJAMIN; ROULLIER. **“Virtual Reality based Digital Twin System for remote laboratories and online practical learning.”** ArXiv abs/2106.09344 (2021). Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Virtual-Reality-based-Digital-Twin-System-for-and-Palmer-Roullier/ec475e81190f553bbd13d46d00163f35045c037f#citing-papers>.

PAPADIMITRIOU, GEORGIOS. **“User Experience in Virtual Reality, conducting an evaluation on multiple characteristics of a Virtual Reality Experience.”** (2019). Disponível



em: <https://www.semanticscholar.org/paper/User-Experience-in-Virtual-Reality%2C-conducting-an-a-Papadimitriou/a201db770dcc13c9b36d74d60ccfd3c3a421ec36>.

R. Rosen; G. Von Wichert; G. Lo and K.D; Bettenhausen. **About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing**, IFAC-PapersOnLine, vol. 48, no. 3, 2015, pp. 567-572.

REIS, Helena Macedo; MAILLARD Patricia Augustin Jaques; ISOTANI, Seiji. **Sistemas tutores inteligentes que detectam as emoções do estudante: um mapeamento sistemático**. Research and Innovation in Brazilian Education. 2.ed. Palo Alto: Lemann Center, 2018, v. 1.

REVISTA PROTEÇÃO. **Ambiente hostil. Riscos em esgotos**. Ed. 250, p. 46-61. Proteção Publicações: Novo Hamburgo, 2012.

RUBIO; PABLO; VERGARA and RODRÍGUEZ. **“Immersive Virtual Reality in Technical Drawing of Engineering Degrees.”** MIS4TEL (2019). Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Immersive-Virtual-Reality-in-Technical-Drawing-of-Rubio-Vergara/56e52d383f01b19d6812647f97eb46fe76b22d59>.

SCUISATO, Dione Aparecida Sanches. **Mídias na educação: uma proposta de potencialização e dinamização na prática docente com a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem coletiva e colaborativa**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2500-8.pdf>.

SECRETARIA DE PREVIDÊNCIA. **Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho 2017**. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>.

SCHOFIELD, Damian. **“Mass Effect: A Chemical Engineering Education Application of Virtual Reality Simulator Technology.”** (2012). Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mass-Effect-%203A-A-Chemical-Engineering-Education-of-Schofield/3d1578983c48d916f043094652697a6efdaf9598>.

SHERMAN, William; CRAIG, Alan. **Understanding virtual reality: interface, application, and design**. San Francisco: Elsevier, 2003.

SILVA, Robson Santos. **Ambientes virtuais e multiplataformas online na EAD**. São Paulo: Novatec, 2015.

SOUTO, C. N.; ALBUQUERQUE, G. L. A. **Percepção de risco: uma abordagem inovadora e participativa no setor elétrico**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2015. Disponível em: [http://www.confrea.org.br/media/Eletricista\\_percepcao\\_de\\_risco\\_uma\\_abordagem\\_inovadora\\_e\\_participativa\\_no\\_setor\\_eletrico.pdf](http://www.confrea.org.br/media/Eletricista_percepcao_de_risco_uma_abordagem_inovadora_e_participativa_no_setor_eletrico.pdf).

TARDELI, Denise Daurea; PAULA, Fraulein Vidigal de. **O cotidiano da escola: as novas demandas educacionais**. Pedagogia. Cengage Learning. 2011.

TEIXEIRA, B. F.; TIMÓTEO, B. DE C.; QUINTÃO, A. DE ÁVILA; MASCARENHAS, M. P.; OLIVEIRA, E. C. DE L.; SANTOS, J. A. M. **Plataformas de treinamentos on-line**. LIBERTAS: Revista de Ciências Sociais Aplicadas, v. 10, n. 2, p. 277-313, 18 dez. 2020.

TORRECILHAS, Arthur Ribeiro; SELLA, Márcio; RONALD, CARRARO Flávio Augusto; FRIAS, Juliana. **Aprimoramento da Análise preliminar de riscos (APR) integrada ao Diagrama de Ishikawa para prevenção de riscos em procedimentos operacionais da construção civil:**



**aplicação da ferramenta APRI em uma obra de saneamento no processo de assentamento de tubulação.** In: ENEGEP 2019 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2019, SANTOS/SP - BRASIL, 2019. v. 39. DOI.org (Crossref), doi:10.14488/ENEGEP2019\_TN\_WPG\_297\_1679\_38441.

VASSEM, A.S.; FORTUNATO, G.; BASTOS, S. A. P.; BALASSIANO, M. **Fatores constituintes da cultura de segurança: olhar sobre a indústria da mineração.** Gestão e Produção, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 719-730, 2017.

VERGARA; RUBIO and LORENZO. **“On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering.”** Multimodal Technol. Interact. 1 (2017): 11. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/On-the-Design-of-Virtual-Reality-Learning-in-Vergara-Rubio/806353513a1407dffbae2f28bda1ce038840186d>.

VIDOTTO; KAJIANA; NUEMBERG; SARTOR; LOPES; DELGADO; POZZEBON, Eliane; FRIGO; Luciana Bolan. **“Ambiente Inteligente de Aprendizagem MAZK com alunos do Ensino Fundamental II na disciplina de Ciências”.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 6; Mossoró, RN. (CBIE 2017). Anais do...Mossoró, RN, 2017. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7665>.

XU, Z.; ZHENG, N. **Incorporating virtual reality technology in safety training solution for construction site of urban cities.** Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 1, p. 1–19, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5098591103&doi=10.3390%2Fsu13010243&partnerID=40&md5=1f6aa74fa8d85b0d94f954dc7b93ef1a>.

Z. H. Sim; Y. Chook; M. A. Hakim; W. N. Lim and K. M. Yap. **“Design of Virtual Reality Simulation-based Safety Training Workshop,”** 2019 IEEE International Symposium on Haptic, Audio and Visual Environments and Games (HAVE), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/HAVE.2019.8921366.

## APÊNDICE

### Apêndice A – Questionário de avaliação do treinamento em virtualização imersiva

1. *Qual é o seu nome?*
2. *Empresa na qual trabalha?*
3. *E-mail?*
4. *Telefone para contato?*
5. *Você já passou por algum treinamento em virtualização imersiva?*
  - Sim.
  - Não.
6. *E treinamentos práticos? Já fez alguma vez?*
  - Sim, várias vezes.
  - Sim, algumas vezes.
  - Sim, uma vez.
  - Nunca fiz.
7. *Você se considera apto para aprender e utilizar os controles da realidade virtual durante treinamento em virtualização imersiva? (Sobre a sua dificuldade no manuseio).*
  - Perfeitamente apto, não teria nenhuma dificuldade.
  - Acho que não seria um grande problema.
  - Talvez possa me adaptar ao uso.
  - Acho que não me adaptaria.
  - Com certeza seria uma grande dificuldade.
8. *Comparado às plataformas online tradicionais (ZOOM/TEAMS) você acha que o treinamento em virtualização imersiva proporcionou um entendimento maior do conteúdo aplicado?*
  - Com certeza o entendimento foi maior.
  - Acho que o entendimento foi maior.
  - O entendimento não mudou.
  - Acho que o entendimento foi menor.
  - Com certeza o entendimento foi menor.

9. *Sobre treinamentos práticos tradicionais: Você acha que proporcionam um entendimento maior do conteúdo comparados aos realizados em plataformas como ZOOM e TEAMS?*
- Com certeza. Não é possível superar os treinamentos práticos nesse aspecto.
  - Sim, acho que o entendimento é maior.
  - Talvez seja maior, não sei.
  - Não. Acho que o entendimento é maior em plataformas online.
  - Com certeza não. O entendimento é maior em plataformas online.
10. *Você acredita que o treinamento imersivo contribui para uma maior assertividade e entendimento em trabalhos em altura e espaços confinados, por exemplo?*
- Com certeza a assertividade será maior.
  - Acredito que a assertividade será maior.
  - Acredito que a assertividade será a mesma.
  - Acredito que a assertividade será menor.
  - Com certeza a assertividade será menor.
11. *Você contrataria ou recomendaria o treinamento de normas regulamentadoras em virtualização imersiva para sua empresa?*
- Com certeza eu contrataria/recomendaria.
  - Contrataria/recomendaria.
  - Indiferente.
  - Não contrataria/recomendaria.
  - Não contrataria/recomendaria em hipótese alguma.
12. *Sua empresa está aberta a implementação de novas tecnologias, como por exemplo, o treinamento em virtualização imersiva?*
- Está totalmente aberta.
  - Está aberta.
  - Talvez sim, talvez não.
  - Não está aberta.
  - Não está aberta em hipótese alguma.
13. *Sua empresa investe em treinamentos com frequência?*
- Investe com muita frequência.
  - Investe com frequência.

- Esporadicamente investe.
- Investe com pouca frequência.
- Investe com frequência muito baixa.

14. *Você concorda que um projeto de treinamento em virtualização imersiva proporciona uma grande economia financeira para empresa a médio prazo?*

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Não tenho certeza.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

15. *Você sentiu vertigem durante a utilização do óculos de virtualização imersiva?*

- Senti muita vertigem.
- Senti vertigem.
- Senti pouca vertigem.
- Não senti vertigem.

16. *Na sua opinião, em treinamentos realizados nas plataformas convencionais (ZOOM/TEAMS), a dispersão/distração são empecilhos na retenção do conhecimento? (Uso do celular, por exemplo)*

- É um grande empecilho.
- É um empecilho.
- Talvez seja um empecilho.
- Não é um empecilho.
- De forma alguma é um empecilho.

17. *Por outro lado, na sua visão, a virtualização imersiva pode inibir ou reduzir consideravelmente essas distrações?*

- Acredito que pode inibir totalmente.
- Acredito que pode inibir consideravelmente.
- Acredito que talvez possa inibir.
- Acredito que não inibe.
- Acredito que em nenhuma hipótese pode inibir.

18. *A possibilidade de simular ações/situações na virtualização imersiva pode proporcionar uma avaliação mais criteriosa/técnica ao fim do treinamento? (Comparando com avaliações tradicionais)*
- A avaliação pode ser muito mais criteriosa.
  - A avaliação pode ser mais criteriosa.
  - Talvez possa ser mais criteriosa.
  - Não acho que possa ser mais criteriosa.
  - Com certeza a avaliação não será mais criteriosa.
19. *O treinamento prático propiciado pela virtualização imersiva estimula mais a mudança comportamental se comparado aos treinamentos em plataformas online tradicionais (ZOOM/TEAMS...)?*
- Com certeza estimula mais a mudança comportamental.
  - Acho que estimula mais a mudança comportamental.
  - Talvez possa estimular mais a mudança comportamental.
  - Não acho que estimule mais a mudança comportamental.
  - Com certeza não estimula mais a mudança comportamental.
20. *Agora sobre os treinamentos práticos presenciais: Acredita que eles possam estimular mais a mudança comportamental se comparados aos treinamentos em virtualização imersiva?*
- Com certeza estimulam mais a mudança comportamental.
  - Acho que estimulam mais a mudança comportamental.
  - Talvez possam estimular mais a mudança comportamental.
  - Não acho que estimulem mais a mudança comportamental.
  - Com certeza não estimulam mais a mudança comportamental.
21. *A virtualização imersiva possibilita treinamentos mais abrangentes se comparados aos realizados em plataformas online tradicionais?*
- Com certeza possibilita treinamentos mais abrangentes.
  - Acho que possibilita treinamentos mais abrangentes.
  - Talvez possibilite treinamentos mais abrangentes.
  - Não acho que possibilite treinamentos mais abrangentes.
  - Com certeza não possibilita treinamentos mais abrangentes.
22. *Os feedbacks de treinamentos em virtualização imersiva podem gerar relatórios mais precisos sobre as deficiências dos colaboradores de uma empresa?*

- Os relatórios com certeza serão mais precisos.
- Os relatórios serão mais precisos.
- Acho que talvez os relatórios sejam mais precisos.
- Não acho que os relatórios sejam mais precisos.
- Com certeza os relatórios não serão mais precisos.

*23. Em sua opinião, a solução de dúvidas na virtualização imersiva é mais fácil e objetiva se comparada com as plataformas online convencionais (ZOOM/TEAMS)?*

- Com certeza é mais fácil e objetiva.
- Acho que é mais fácil e objetiva.
- Talvez seja mais fácil e objetiva.
- Não acho que seja mais fácil e objetiva.
- Com certeza não será mais fácil e objetiva.

*24. Agora sobre os treinamentos práticos presenciais: A solução de dúvidas é mais fácil e objetiva se comparada com treinamentos em virtualização imersiva?*

- Com certeza é mais fácil e objetiva.
- Acho que é mais fácil e objetiva.
- Talvez seja mais fácil e objetiva.
- Não acho que seja mais fácil e objetiva.
- Com certeza não será mais fácil e objetiva.

*25. Quanto aos riscos: Você concorda que a virtualização imersiva pode reduzir a incidência de acidentes durante os treinamentos? (Queda de nível, por exemplo).*

- Concordo plenamente.
- Acho que pode reduzir.
- Não se afirmar.
- Acho que não reduz.
- Com certeza não reduz.

*26. Diante da sua experiência com o método, você recomendaria realizar treinamentos em virtualização imersiva na empresa em que trabalha?*

- Com certeza optaria.
- Optaria.
- Talvez optaria.

- Não acho que optaria.
- Com certeza não optaria.