

## Um relato sobre os pilares tecnológicos envolvendo a simulação e a realidade aumentada no aspecto da indústria 4.0 nas organizações

*A report on the technological pillars involving the simulation and enhanced reality in the aspect of industry 4.0 In organizations*

Luis Fernando Moreira<sup>1</sup> , Dr. Fabiano Larentis .

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul - UCS.

\*Correspondente: [engmoreira9@gmail.com](mailto:engmoreira9@gmail.com)

### Resumo

Este artigo tem como objetivo propor um *framework* para mapeamento e implementação da simulação e RA com foco na Indústria 4.0. Como método, utilizou-se a pesquisa qualitativa genérica. Quanto a coletas dos dados, foram utilizadas entrevistas com profissionais das áreas de Engenharia de Produto e Processos. Deste modo, investigaram-se esses profissionais e suas percepções sobre o tema pesquisado. Como técnica de exame dos dados, foi utilizada a análise de conteúdo com o apoio de software Weft QDA. Os resultados apontam que a qualificação da mão de obra, na Quarta Revolução Industrial, deve ser contínua e polivalente. Esse profissional deve ter habilidades transversais que vão além da acadêmica. O impacto social será a mudança na estrutura dos empregos, haverá um ambiente de trabalho menos insalubre. O impacto econômico refletirá na diminuição dos custos e tempos de produção, trazendo um valor agregado a produtos e serviços. A aplicação da simulação nas empresas é mais usual e a realidade aumentada está em fase embrionária nas grandes empresas. A perspectiva futura das tecnologias 4.0 traz uma visão na qual a simulação e RA estão em interconexão com máquinas e processos, gerando, em tempo real, dados armazenados em nuvem, apoiando as tomadas de decisão nas organizações.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; simulação; Realidade Aumentada; qualitativo genérico.

**Abstract**

This article aims to propose a framework for mapping and implementing simulation and AR focusing on industry 4.0. As a method, generic qualitative research was used. As for data collection, interviews were used with professionals in the areas of product and process engineering. Thus, these professionals and their perceptions about the researched topic were investigated. As a technique for examining the data, content analysis was used with the support of Weft QDA software. The results show that the qualification of the workforce, in the fourth industrial revolution, must be continuous and multipurpose, this professional must have transversal skills that go beyond academic. The social impact will be the change in the structure of jobs, there will be a less unhealthy working environment. The economic impact will be reflected in the reduction of costs and production times, bringing added value to products and services. Application of simulation in companies is more common and augmented reality is in the embryonic stage in large companies. The future perspective of 4.0 technologies brings a vision, in which simulation and (RA) are interconnected with machines and processes, generating, in real time, data captured by the cloud, supporting decision-making in organizations.

**Keywords:** Industry 4.0; simulation; Augmented Reality; generic qualitative.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos séculos 18 e 19, nasceram a primeira e a segunda Revolução Industrial, que estimularam o desenvolvimento da indústria têxtil e de ferro, melhorias na indústria química, elétrica, de petróleo e de aço, além da produção em massa de bens de consumo. De 1950 a 2000, a Terceira Revolução Industrial foi caracterizada por modificações densas na produção e pela agilidade do desenvolvimento de novas tecnologias; episódio que impactou a indústria, as economias e a sociedade (SACOMANO *et al.*, 2018).

A Indústria 4.0 pondera a “interconexão entre o mundo físico de produção e a conectividade em redes no ambiente virtual, admitindo que recursos, informações, objetos e pessoas estejam integrados”. (WANG *et al.*, 2016). De fato, o que se ressalta é que estão sendo colocados os pilares fundamentais da quarta revolução industrial, e esses já se proporcionam como um novo patamar de evolução industrial (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Os pilares da quarta revolução, que são considerados as nove principais tecnologias da Indústria 4.0, são: robôs automatizados; manufatura aditiva; simulação; integração horizontal e vertical de sistemas; internet das coisas industriais; big data; nuvem; segurança cibernética e realidade aumentada (BASL, 2017).

Segundo Shipp (2012) são cinco as convergências esperadas, em larga escala, para a produção industrial entre dez e 20 anos: a ubi-

quidade da TI<sup>1</sup>; a confiança em modelagem e simulações virtuais nos processos de manufatura; a rápida inovação na gestão da cadeia de suprimentos; a procura pela flexibilidade na produção para acatar as necessidades do consumidor e a tentativa de uma produção sustentável.

O contexto atual apresenta uma constante e superior atualização da lógica de planejamento, que precede a aplicação real. São empregadas tecnologias e softwares que ajudam na previsão das implicações que podem acontecer em um processo produtivo ou em uma ação. Essa previsão é considerada como simulação de processos e projetos (DAVIS, 1991). Outro tipo de simulação, sendo mais realista que a tradicional, é a realidade aumentada (RA). Segundo Azuma *et al.* (2001), o sistema de realidade aumentada suplementa o mundo real com objetos virtuais, gerados computacionalmente, que coexistem no mesmo ambiente que o mundo real e roda interativamente *full time*.

Segundo Strachman *et al.* (2016) o setor industrial brasileiro vem sofrendo consequências pelas graves instabilidades políticas, sociais e econômicas atuais, e existe uma expectativa de retomada de desenvolvimento, atraindo, de tal modo, novos investimentos para o setor industrial. E então, o estudo buscou tratar de uma das convergências citadas por Shipp (2012) sobre simulação computacional e olhar a questão de pesquisa sobre simulações virtuais nos processos de manufatura, onde o objetivo do estudo é propor um *framework*<sup>2</sup> para o mapeamento e a implementação da simulação e RA nas organiza-

---

1 “Tecnologia da Informação” em inglês é conhecida como “*Information Technology*”. Forma um conjunto entre soluções e atividades que envolvem banco de dados, hardwares, softwares e redes (doméstica ou empresarial), ela utiliza essas ferramentas para facilitar o acesso, fazer análises e gerenciamento.

2 O *framework*, em pesquisa, é um conjunto de variáveis e de seus inter-relacionamentos, criado para representar no todo ou em parte um processo real. Ele é muito útil para organizar informações que vão sendo obtidas na pesquisa, facilitando o trabalho do pesquisador quando ele for fazer a análise.

ções focando na Indústria 4.0. Para as empresas, o *framework* será como um guia para discutir e aprender, auxiliando nas estratégias relacionadas à Indústria 4.0.

O estudo é de caráter qualitativo genérico, por meio de entrevistas com profissionais que utilizam esses dois pilares tecnológicos da Indústria 4.0. O artigo está dividido em: introdução, referencial teórico, método de pesquisa, análise e discussão dos resultados, e considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indústria 4.0 - um breve histórico

A Alemanha, taticamente, foi predecesora no setor industrial ao desenvolver ações para se manter e promover as produções futuras. O governo alemão divulgou o termo *Industrie 4.0* (Indústria 4.0) em uma feira em Hanôver, em 2011, proporcionando seu plano estratégico de conseguir a elevada tecnologia para 2020 “*High-Tech Strategy 2020 Action Plan*”. (WANG *et al.*, 2016).

Constituindo afinidade com as “Fábricas Inteligentes”, submergindo os setores privado, governamental e acadêmico (IEDI, 2020; GIORDANO *et al.*, 2017), a Indústria 4.0 é um novo conceito que articula o desenvolvimento, a inclusão e o aproveitamento de inovações tecnológicas dos circos de automação, controle e tecnologia da informação, sobrepostas aos processos de manufatura integrada (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

O termo Indústria 4.0 pode ser elucidado como uma evolução tecnológica, mas possui contexto ligado à transformação na estrutura organizacional e na cultura das organizações (SCHUH *et al.*, 2017). Segundo Basl (2017), um estudo realizado pela empresa de consul-

toria Infosys e pela Universidade da Alemanha (*Institute for Industrial Management at the University of Aachen*) analisou 400 empresas em países que possuem um alto nível de industrialização: China, França, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos. Essa pesquisa procurou distinguir a maturidade das empresas quanto à Indústria 4.0, e as principais conclusões foram:

1<sup>a</sup>: oitenta e cinco por cento das empresas de manufatura global estão informadas do potencial acréscimo e a eficiência quanto à implementação desta tecnologia.

2<sup>a</sup>: em contrapartida, somente 15% das empresas pesquisadas inseriram estratégias para avaliar e mensurar os dados em suas fábricas ou maquinários.

Um quinto dessas empresas confia que irá conseguir o conceito sobre Indústria 4.0 em 2020 (BASL, 2017). Como resultante desta metamorfose, a atmosfera da Indústria 4.0 pode ser acatada presentemente como uma inovação da era industrial, com o apoio de plataformas de conectividade, agregadas no setor (REISCHAUER, 2018), além da implicação da crescente digitalização e simulação das organizações, de maneira especial no que se refere aos processos de fabricação e tecnologias (CUI; KARA; CHAN, 2020; FATORACHIAN; KAZEMI, 2018).

A Indústria 4.0 é uma forte combinação de múltiplas tecnologias, que tem como principal objetivo a mutação para um mundo moderno e digital, modificando a forma de atuação das companhias: como administram seus negócios e se dispõem na cadeia de valor, desenvolvendo novos produtos e serviços, trazendo um desenvolvimento econômico (SILTORI, 2020).

A Unido “United Nations Industrial Development Organization” (2019) defende que as tecnologias de produção digital beneficiam o crescimento econômico, cooperam para o

bem-estar da classe humana e proteção ambiental, permitindo assim alcançar objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável no mundo.

## 2.2 Pilares tecnológicos da Indústria 4.0

Dentro do ambiente da Indústria 4.0 os *smarts factories* permitem o monitoramento e controle do sistema produtivo, no qual uma grande batelada de dados é coletada e analisada por ferramentas avançadas: os pilares tecnológicos são divididos em nove, sendo:

**Big data:** Nist (2015) define o termo como um enorme conjunto de dados, em que a ampla massa desses é estruturada e carece de análise em tempo real.

**Robôs autônomos:** dispositivo ou grupo de dispositivos, eletromecânicos, capazes de realizar trabalhos de maneira autônoma ou pré-programada (SCHOLL, 2011).

**Simulação:** simular virtualmente produtos e materiais já é uma realidade. Na Indústria 4.0, o ambiente virtual envolve máquinas, produtos, processos e pessoas, e faz uso de dados do mundo físico (SIEMENS, 2021).

**Integração dos sistemas horizontal e vertical:** segundo Rubmann et al. (2015), está ligada com a conexão entre a fábrica e toda a cadeia de valor externa à planta. Enquanto isso, a integração vertical consente que todos os níveis da fábrica permaneçam conectados, do chão de fábrica (KAGERMANN *et al.*, 2013).

**Internet das Coisas (IoT):** segundo Jeschke *et al.* (2017), a IoT refere-se não somente à interconexão entre objetos do mundo real, mas à contextualização de informações sobre as coisas do mundo real ou sensores.

**Segurança Digital:** proteger dados e sistemas das ameaças cibernéticas.

**Computação na nuvem:** segundo Nist

(2015), a computação em nuvem é um modelo para permitir acesso livre a uma abundância de informações compartilhadas transversalmente de recursos computacionais configuráveis (ERBOZ, 2017).

**Manufatura aditiva:** manufatura aditiva se distingue pelo emprego de equipamentos capazes de fabricar artefatos, por meio da adição de material, camada por camada, a partir de um exemplo digital tridimensional “3D” (GISARIO et al., 2019).

**Realidade Aumentada:** permite interações entre o mundo real e o virtual (RIBEIRO NETO, 2014).

### 2.2.1 Simulação e Realidade Aumentada (RA)

Conforme Davis (1991), a simulação consiste na projeção de um modelo do sistema real e, posteriormente, realizar experimentos, com a finalidade de se entender seu comportamento, traçando estratégias para sua operação. Segundo Rubmann et al. (2015), na fase de engenharia já são empregadas simulações tridimensionais de produtos, materiais e processos de fabricação, mas, no futuro, as simulações serão usuais mais extensivamente nas operações da fábrica. Essas simulações alavancarão dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um exemplo virtual, que pode conter máquinas, produtos e seres humanos.

Segundo Bateman (2013), aplicar simulação constitui fazer com que as soluções em potencial sejam acertadas em afinidade aos investimentos realizados. Os autores asseguraram que até mesmo uma análise sobre o desempenho operacional deve levar em consideração os seguintes aspectos para estimativa de despesas: benefícios tangíveis; benefícios intangíveis; diferenças de custo; custo final de produto; custos com qualidade; custo de capital; níveis de tecnologia e recursos disponí-

veis na organização; treinamento e educação necessária; custos de inicialização da implantação e curva de aprendizado; flexibilidade e adequabilidade (DE OLIVEIRA MORAIS; DOS SANTOS; MORAIS, 2021).

Com a simulação tem-se máxima interatividade, avaliando maiores percepções, com o objetivo finalístico de abonar benefícios para as indústrias, como a redução de erros e custos na percepção de projetos e planos de produção, e de melhoria dos processos com a admissão de tecnologia, sendo uma extraordinária ferramenta da Indústria 4.0, bem como a Realidade Aumentada (WEYER *et al.*, 2015).

Milgram e Kishino (1994) definem a RA como um subconjunto que está centrado em um ambiente virtual (ERBOZ, 2017). Podemos ver aplicações de RA no contexto educacional, verificada na literatura, por exemplo, em Barbosa e Carvalho (2017), em que as atividades em sala de aula com o uso da RA ficam mais atraentes para os alunos, “mais lúdica, estimulando o processo investigativo dos alunos, o que torna os processos de educação e de aprendizagem mais estimulantes” (LYRA; DE FREITAS VASCONCELOS, 2021).

No atual período, vivenciamos um enriquecimento da RA que proporciona o seu uso, promovido através de smartphones, empregando a própria câmera do aparelho. Um exemplo do uso da RA com smartphone pode ser visto em Junior et al. (2020), onde foram desenvolvidos, aproveitando conceitos da disciplina Instalações Elétricas, projetos de objetos tridimensionais sobre planos reais que podem ser visualizados na tela do smartphone.

Utilizam-se *hardwares* como óculos de RA na indústria automobilística, como, por exemplo, o Microsoft HoloLens, que é apresentado como um “computador holográfico”. Funciona sem os fios, empregando sensores avançados em um sistema de última geração

com um chip, e a adição de uma unidade de processamento holográfico (Holographic Processing Unit, HPU) (MICROSOFT, 2021).

Há também um sistema de áudio, que reporta os sons holograficamente no ambiente, de forma altamente imersiva, podendo simular o som que vem, até mesmo, das costas do usuário. Os hologramas reproduzidos pelo sistema têm alta definição, podendo ser empregados para a gestão de projetos arquitetônicos, design de produtos, medicina, automação etc. (MICROSOFT, 2021). Podemos ver, na Figura 1, os óculos de RA e sua aplicação no setor automotivo.

Figura 01 - Microsoft HoloLens e sua aplicação



Fonte: Microsoft (2021)

O crescimento da automação está associado à contínua pressão da competitividade no assunto da globalização. As organizações buscam níveis mais superiores de produtividade e amortização dos custos. A concorrência estimula as indústrias a buscarem por mais pesquisa e desenvolvimento (P&D) em novas tecnologias de produção, para criar oportunidades e aumento da competitividade (OIT, 2017).

Segundo a OIT (2017), o emprego será impactado pela Indústria 4.0, advindo de suas tecnologias. A mesma cita cinco fatores principais de impacto na vida dos trabalhadores: I) que há complementaridade entre as novas tecnologias e o emprego num apurado setor; II) que há uma implicação paralela da tecnologia que cria empregos; III) que a inovação tecnológica gera inovação. Novos produtos irão aparecer. Serviços inovadores irão ser oferecidos; IV) que o aumento pela produtividade pode conceber ganhos salariais mais superiores e isso poderá transportar a novos investimentos; V) que os novos métodos de trabalho poderão gerar horários de trabalho menos pesados e mais flexíveis.

### 3. METODOLOGIA

Para esta pesquisa utilizou-se o método qualitativo de natureza exploratória<sup>3</sup> e estratégica, além do estudo qualitativo genérico. Ao optar pela técnica qualitativa, o pesquisador parte de um conceito de que o fato é socialmente concebido por meio do relacionamento pessoal entre o pesquisador e o seu objeto de estudo, procurando-se respostas a questões que compreendem métodos, a partir dos quais as experiências sociais são empregadas, vivenciadas e contraem algum significado. Assim, o papel do pesquisador é capturar os sentidos que permeiam a cultura a partir da ótica daqueles que dela compartilham (GODOY, 2010).

O estudo qualitativo genérico tem o foco em compreender um fenômeno ou as percepções e visões de mundo dos sujeitos pesquisados (ALAM, 2020; MERRIAM, 2009). Os estudos qualitativos genéricos não são conduzidos por um determinado conjunto de conjecturas filosóficas ou situadas (KENNEDY, 2016).

Foram utilizadas entrevistas com profissionais, que empregam simulação e Realidade Aumentada. Segundo Yin (2010), a entrevista é uma das fontes para o estudo qualitativo por prover informação, deve ser focalizada a um apurado conjunto de questões de um roteiro semiestruturado. O roteiro foi adaptado de Ribeiro Neto (2014), com oito perguntas sobre o tema desta pesquisa.

As unidades de análise foram profissionais, com atuação em indústria e prestação de serviços, nas áreas de Engenharia de Produto e Engenharia de Processos. Todos possuem formação superior e técnica. As entrevistas ocorreram com o auxílio do Google Meet de forma on-line e gravadas. O processo de coleta dos dados durou de novembro de 2020 a fevereiro de 2021. O Quadro 1 mostra o perfil dos respondentes: formação, tempo de experiência, área em que atua, duração da entrevista e páginas transcritas.

---

3 Consiste na realização de um estudo para a familiarização do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante a pesquisa. Ela é aplicada de maneira que o pesquisador tenha uma maior proximidade com o universo do objeto de estudo e que ofereça informações e orienta a formulação das hipóteses da pesquisa.

Quadro 1 - Perfil dos respondentes

| ENTREVISTADO                                  | FORMAÇÃO                          | TEMPO DE EXPERIÊNCIA | ATUAÇÃO                         | TIPO DE EMPRESA                   | DURAÇÃO DA ENTREVISTA | PÁGINAS TRANSCRITAS |
|---|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| E1  | Eng. Mecânico                     | 8 anos               | Simulação de elementos finitos  | Prestação de serviço em simulação | 40 minutos            | 5                   |
| E2  | Mestre em Eng. Mecânica           | 8 anos               | Simulação                       | Prestação de serviço em simulação | 28 Minutos            | 5                   |
| E3  | Eng. Produção                     | 14 anos              | Simulação                       | Indústria                         | 20 minutos            | 3                   |
| E4  | Eng. Produção                     | 4 anos               | Simulação e Realidade Aumentada | Indústria                         | 18 minutos            | 2                   |
| E5  | Tecnólogo em Automação Industrial | 10 anos              | Simulação                       | Indústria                         | 25 minutos            | 3                   |
| E6  | Eng. Mecânico                     | 14 anos              | Simulação                       | Indústria                         | 30 minutos            | 5                   |
| E7  | Eng. de Processos                 | 30 anos              | Simulação                       | Indústria                         | 40 minutos            | 6                   |
| <b>Total de conteúdo gerado pela pesquisa</b> |                                   |                      |                                 |                                   | 3 horas e 35 minutos  | 29 páginas          |

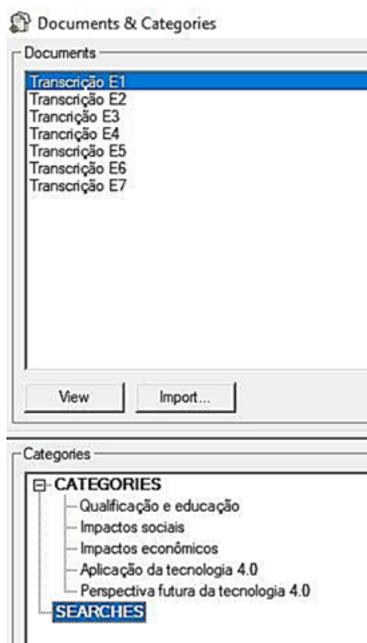
No que tange ao número de entrevistas, ocorreu a saturação teórica no sétimo depoimento. De acordo com Pandit (1995), a saturação teórica indica, assim, o preenchimento com o conteúdo derivado dos dados angariados, das categorias conceituais que surgem ao longo da pesquisa. Portanto, as entrevistas foram gravadas em vídeo para a transcrição, codificadas e analisadas. Segundo indica Bardin (2016), as categorias do estudo se caracterizam a posteriori aos processos indicados por Bardin (2016).

A Análise Temática de Conteúdo desdobra-se em três etapas: pré-análise; codificação e tratamento dos resultados obtidos; interpretação que segundo Bardin (2016) onde a **pré-análise**, é efetivada pela sistematização

das ideias iniciais; a **exploração do material** é realizada a construção das intervenções de codificação, conceituando-se os recortes dos escritos em unidades de registros; a **interpretação** incide na captação dos conteúdos aparentes e latentes contidos no material que foi angariado nas entrevistas.

Para maior otimização e organização das informações, que foram codificadas em texto simples, foi utilizado o software Weft QDA, versão 1.0.1, para análise de dados qualitativos e categorização dos dados apresentados (BARDIN, 2016; FENTON, 2006). A partir da codificação apresentaram-se cinco categorias, a priori demonstradas na Figura 2, com auxílio do Weft QDA.

Figura 02 - Categorias a posteriori derivadas das entrevistas



Fonte: elaborado pelos autores (2021) a partir do Weft QDA

## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é apresentada a análise dos resultados provenientes da etapa de codificação e das categorias emergentes apresentadas na Figura 2, provenientes das percepções dos entrevistados.

### 4.1 Qualificação e educação

A Quarta Revolução está ancorada nos processos de educação e de transferência de conhecimento e na alta qualificação das novas gerações, num conjunto de competências contraídas convencionalmente e numa aptidão de autoaprendizagem desenvolvida pelos sujeitos, apoiados pela tecnologia da informação e comunicação, que podemos chamar de aprendizagem 4.0 (BARBOSA e CARVALHO, 2017; DE OLIVEIRA MORAIS; DOS SANTOS; MORAIS, 2021; MICROSOFT, 2021). No que tange aos pilares tecnológicos

da simulação e da RA, também ficaram evidenciadas as questões da qualificação e do conhecimento, nas falas dos entrevistados E1 e E2, que:

O principal desafio é a qualificação, acho que se você tem uma pessoa qualificada, ela vai ter confiança no resultado que ela está entregando [...] o principal desafio é o conhecimento (E1).

[...] quando a gente pensa em simulação de forma específica e detalhada, você acaba necessitando de um profissional que tenha este conhecimento então e todas as que tecnologias novas precisam de profissionais que acompanhem uma evolução (E2).

É genuinamente extraordinária para a Indústria 4.0 que as novas gerações e as atuais sejam adequadas à transformação desejada na era das máquinas, dos dados, dos robôs e dos drones. O sujeito qualificado e adaptável será o fator-chave para esta adequação, assim descrito por E4, “[...] vai exigir muito mais formação do trabalhador, não terá mais aquele trabalhador que pensa ‘eu sou formado nisso e eu só sei trabalhar nisso’”. A polivalência de conhecimentos tanto em simulação como em RA se fará presente no contexto das organizações.

### 4.2 Impactos sociais

Um dos impactos da Indústria 4.0 na questão social é pertinente à mão de obra. É forte a redução tanto de postos de trabalho quanto de atividades repetitivas e braçais. O modelo de fábrica, como se conhece, está se transformando. Os trabalhadores proporcionarão um papel mais estratégico, voltado para o conhecimento técnico (OIT, 2017). Segundo a OIT (2017), tem-se ressaltado que, universalmente, o mercado de trabalho está

estabelecendo, cada vez mais, de seus futuros funcionários alto desempenho em termos acadêmicos e competências técnicas, que ainda são levados em consideração, mas os empregadores estão à procura de algo mais inovador, como competências transversais.

A questão nas mudanças da estrutura dos empregos ficou constatada na fala de E3: “[...] é, isso mudou bastante de uns anos para cá, e cada ano está mudando mais, então isso aí é normal. Lógico que ocorreram mudanças nos tipos de emprego, e vai mudando cada vez mais, da parte de operações de máquina, com emprego da tecnologia [...]”. Essas novas competências transversais são descritas, habitualmente, por meio de características pertinentes a traços de individualidade e desenvolvimentos praticadas no cotidiano, como a honestidade, o senso de humor, a empatia, a comunicação, o trabalho em equipe, a inteligência emocional e a resiliência (OIT, 2017; UNIDO, 2019). E7 cita a busca de novas competências e conhecimentos:

“[...] o mercado tá buscando aí novas tecnologias, novas máquinas, novas linguagens de programações, tem que estar atualizado no mercado. No meu caso, já estou com 46 anos, desde os 14 anos eu vinha sempre buscando me aprimorar na área de desenho em novos conhecimentos, fazendo do básico ao mais avançado de modelamento. Passei um pouco à frente, NE, para nunca ficar obsoleto.” (E7)

A questão do home office salientada na pesquisa, que, segundo a OIT (2017), fala em novos métodos de trabalho que poderão gerar horários de trabalho mais flexíveis, também foi apontada por E1, “[...] o home office me mostrou, muito claramente, que, você em casa, você consegue fazer em pouco tempo mais coisas [...]. Ele propicia a produção de

forma mais ágil e também favorece as entregas dentro do prazo. O meu rendimento é muito superior do que na empresa”.

### 4.3 Impactos econômicos

Os impactos econômicos e a cadeia de valor são agrupados desde o desenvolvimento até o cliente final, e como isso acontecerá de forma colaborativa, desde o fornecimento da matéria-prima até o mercado consumidor, permitirá uma melhor análise dos impactos ambientais, sociais e econômicos que um produto proporciona com a utilização da simulação e da realidade aumentada (SILTORI, 2020).

O fator de diminuição dos custos de produção será impactado de forma positiva, com o emprego dessas duas tecnologias 4.0 (BATEMAN *et al.*, 2013), assim relatado por E4, “[...] a taxa de diminuição de custo - uma vez que você reduz o desperdício nas empresas – consequentemente está reduzindo o custo que vai, provavelmente, ser repassado diretamente aos consumidores [...]”. E2 também relatou o benefício da simulação na questão dos custos industriais:

[...] contratando a simulação, o cliente tem esse benefício que a gente falou de conseguir um produto mais competitivo, prever as possíveis falhas de evitar que seu produto aí apresente qualquer problema, aí tem que realizar qualquer tipo de Recall com tempo, reduzindo qualquer problema dessa natureza, ele consegue ser mais competitivo. Porque em uma simulação, simular, por exemplo, um ventilador industrial que tem uma performance elevada, e você consegue reduzir, por exemplo, custos com consumo de energia e aumentar a eficiência de troca térmica; enfim, existem vários pontos aí que tornam esse cliente mais competitivo e levar esse produto para o seu cliente final e reduz os gastos internos [...] (E2).

Outro relato apresentado foi o alto custo de implementação das tecnologias de simulação e RA nas empresas, aqui no Brasil, apontado por E6:

[...] questões de viabilidade financeira de tecnologias, para ser implementadas - principalmente - em países de terceiro mundo, para gente, estamos conversando e começando a falar da Indústria 4.0 no Brasil; só que isso, na Europa, existe desde 1980. Eu acho que é uma questão mais financeira, sim, e de viabilidade econômica (E6).

Outro achado da pesquisa é a questão salarial dos profissionais que atuam nessa área de simulação e RA. As questões da qualificação e das novas competências transversais irão compensar financeiramente estes profissionais, como relatado por E2, “[...] vamos tratar assim, em condições normais em que a pessoa está sendo remunerado pelo justo da sua formação, pensa em profissionais que necessitam ser mais qualificados, tudo isso tem um impacto econômico para uma faixa salarial maior [...]”. O aumento pela produtividade pode arquitetar ganhos salariais mais elevados e isso poderá acarretar novos investimentos (OIT, 2017).

#### 4.4 Aplicação da tecnologia 4.0 (simulação e RA)

As tecnologias 4.0 foram empregadas na manufatura, mas têm surpreendido pelo bom emprego em outras áreas, além de serem usadas ainda para planejar e projetar, garantindo

o mais perfeito ambiente para a tomada de decisões, amortizar custos, aumentar capacidade e acelerar ciclos de produção (BATEMAN et al., 2013; JUNIOR et al., 2020). Todos os entrevistados relataram a aplicação em suas organizações, corroborando com esta afirmação, temos as falas de E1, E2, E4 e E7:

A empresa que atuopresta serviços para outras empresas que têm alguma dificuldade específica ou queira fazer uma implantação na área de simulação interna. Na empresa então assim hoje a gente mexe com a parte de tanto cálculo como de treinamento teoria e prática [...] o software tem vários módulos dentro dele para você conseguir realizar a simulação, tem a parte de dinâmica [...] (E1).

[...] utiliza-se simulação estrutural e simulação de processos elementos discretos nessa parte da simulação [...] e para contextualizar tem também aquela parte ali de simulação a produção etc. (E2).

Utiliza a parte de prototipagem 3D<sup>4</sup> e a parte de escaneamento 3D (E4).

[...] em a gente desenvolve aqui as peças plásticas e envia para prototipagem 3D muita das vezes internamente também o arquivo eletrônico para usinagem em fibra faz um molde provisório para retirada de uma peça de plásticos para fazermos o teste e aí recortamos ela conforme desenho e faz a montagem na poltrona no ônibus [...] (E7).

Um fator que chamou atenção na pesquisa foi que a simulação está mais presente no contexto industrial do que a RA, e a sua aplicação foi desde a área de prototipagem, desenvolvimento de produtos, desenvolvimento

4 Em Ciência da Computação, modelagem tridimensional ou modelação tridimensional é o processo de desenvolvimento de uma representação matemática de qualquer superfície tridimensional de um objeto, através de software especializado. O produto é chamado de modelo tridimensional.

de processos, impressão 3D, projetos elétricos e processos de usinagem. A questão da simulação e seu emprego em relação à RA ficou evidenciada na fala de E5, “[...] a gente usa mais a simulação do que a realidade aumentada. É uma questão mais nova, acho (RA), estamos ainda engatinhando, é mais ideias mesmo, mas a simulação virtual ainda tem uma resistência pelos nossos superiores [...]”. Pela literatura, a realidade aumentada está sendo mais utilizada no contexto da educação que nas indústrias (BARBOSA e CARVALHO, 2017; MICROSOFT, 2021).

#### 4.5 Perspectiva futura da tecnologia 4.0

Com a complexidade do software de simulação e RA e conforme o número de ajustes possíveis de elementos de software modularizados abre, a efetivação de testes acessíveis na máquina física torna-se cada vez mais complexa, duradoura e, eventualmente, ficará impraticável. Perante isso, será de essencial importância realizar o comissionamento virtual dos softwares para constatar a carência de erros e legitimar se os pré-requisitos são aprovados com base em exemplos de simulação, antes que a linha de produção mecânica esteja pronta (CUI; KARA; CHAN, 2020; FATORACHIAN; KAZEMI, 2018).

As perspectivas futuras foram contempladas nas entrevistas, trazendo as visões dos entrevistados, onde um deles trabalha com projetos de prótese dentária, do qual são importantes a simulação e a RA para a fabricação de produtos na área da Saúde, corroborando com esta declaração que se tem na fala de E4:

Na parte de Odontologia, que a parte que eu tenho conhecimento, um dentista, para fazer um implante, ele consegue prever a posição que o implante vai, consegue prever o quanto que ele vai ter que colocar, consegue fazer todo o planejamento antes de cirurgia pelo software 3D [...] (E4).

As máquinas e os módulos de fabricação são reorganizados de modo dinâmico na fábrica, portanto será importante garantir a interconectividade. Protocolos padronizados de comunicação exercerão um papel fundamental para garantir que equipamentos de diferentes fornecedores se comuniquem impecavelmente (JESCHKE *et al.*, 2017). Corroborando com esta ideia da questão da interconectividade das máquinas, na fala de E4 ficou evidenciado que:

[...] esta comunicação para o futuro, eu acredito que hoje em dia, embora já seja realidade em algumas indústrias, ainda é muito pouco difundida; coisa apenas para indústria de grande porte, mas, futuramente, conforme for diminuindo custos vai dar qualquer empresa de pequeno porte, empresa com duas, três máquinas, por exemplo, poderá ter um controle de MRP<sup>5</sup> um controle de máquina, controle de produção digitalizada (E4).

---

5 Material Requirement Planning tem sido usado para dar significado a MRP. Introduzido inicialmente, o MRP foi sendo desenvolvido até se tornar MRP II, que já leva em conta aspectos relacionados com finanças, compras e marketing.

## 4.6 Framework conceitual dos pilares tecnológicos envolvendo a simulação e Realidade Aumentada (RA) no aspecto da Indústria 4.0

Com as categorias a posteriori definidas e analisadas buscou-se desenvolver o Quadro 2 mostrando a interconexão entre o referencial teórico e as categorias que emergiram no estudo.

Quadro 2 - Relação entre as categorias, a literatura e os achados do estudo

| CATEGORIAS  | AUTORES DO REFERENCIAL TEÓRICO  | INTERCONEXÃO   | RELAÇÕES DOS ACHADOS DA PESQUISA (FATORES)       |
|---|---|--|--|
| Qualificação e educação                               | Barbosa e Carvalho (2017)<br>Junior et al. (2020)<br>Lyra; Freitas Vasconcelos (2021)<br>Microsoft (2021)   | Os autores descrevem a aplicação da simulação e RA no contexto educacional e sua importância na qualificação.  | Polivalência<br>Emprego                          |
| Impactos sociais                                      | OIT (2017)<br>Unido “United Nations Industrial Development Organization” (2019)   | As organizações descrevem o benefício da aplicação das tecnologias 4.0 para o emprego e bem-estar social e também relatam oportunidades com a implementação das mesmas.  | Adaptabilidade<br>Salários                       |
| Impactos econômicos                                   | Bateman et al., (2013)<br>Oit (2017)<br>Unido “United Nations Industrial Development Organization” (2019)<br>Siltori (2020)<br>Oliveira Moraes; Santos; Moraes (2021) | Nesta categoria tanto autores e organizações falam da diminuição dos custos e despesas, ganhos de produção, flexibilidade, melhor fluxo dos processos internos e ganho monetário.  | Viabilidade econômica<br>Investimentos<br>Custos |
| Aplicação da tecnologia 4.0 (Simulação e RA)          | Davis (1991)<br>Milgram e Kishino (1994)<br>Bateman et al. (2013)<br>Barbosa e Carvalho (2017)<br>Junior et al. (2020)<br>Microsoft (2021)                            | Os autores relatam a aplicação das tecnologias 4.0 desde 1991 até 2021. Essas aplicações foram no contexto industrial, mas também nos últimos anos, de acordo com a Microsoft (2021), nas áreas de Educação, Saúde, Aeronáutica, Automobilística e Construção Civil.         | Gestão do conhecimento                           |
| Perspectiva futura da tecnologia 4.0 (Simulação e RA) | Jeschke et al. (2017)<br>Fatorachian e Kazemi (2018)<br>Cui; Kara; Chan, (2020)<br>Microsoft (2021)   | Os autores falam que, no futuro, as máquinas e os processos de produção estarão conectados em tempo real, analisando e operando um ambiente fabril altamente digitalizado, onde a virtualização da produção será algo comum para as empresas em todos os níveis e processos. | Gestão tecnológica                               |

Primeiro, identificaram-se, através das categorias, a *posteriori*, derivadas das entrevistas, as percepções da aplicação da simulação e da RA, no contexto das organizações analisando o Quadro 2 e as entrevistas. Primeiramente, foram identificadas relações entre alguns atores: indivíduo-indivíduo, indivíduo-organização e organização-tecnologia.

A relação indivíduo-indivíduo é como esse indivíduo está assimilando a aplicação das tecnologias 4.0 no seu dia a dia, como ele se adapta à quantidade de informações passadas. Esse ator atua diretamente com a categoria qualificação e educação, pois os relatos apontaram como os indivíduos se qualificam para tais tecnologias, qual o meio de educação foi empregado, formal ou informal.

A categoria qualificação e educação tem relação com esse ator diretamente, pois fatores como emprego, adaptabilidade, polivalência e salário foram explicitados pelos entrevistados. Segundo a OIT (2017), haverá a criação de novos postos de trabalho e uma melhor remuneração com a implementação das tecnologias da Indústria 4.0, mas a qualificação terá que ser contínua pelo indivíduo. As tecnologias também irão auxiliar na formação do indivíduo para a quarta revolução, exemplificado por De Oliveira Morais, Santos e Morais (2021) com a aplicação no contexto educacional.

Os impactos sociais dizem respeito a como o indivíduo será absorvido em sociedade, como ele poderá gerar frutos advindos da qualificação e da educação, gerando ganhos para as organizações (UNIDO, 2019). A relação indivíduo-organização fica clara quando os relatos apontam os ganhos para as empresas com aplicabilidade dessas tecnologias que, de acordo com Siltori (2020), atuam na

melhoria da gestão no que tange aos custos, à atenção de perdas e do controle de estoque.

Com relação à categoria impactos econômicos, foram relatados os fatores de viabilidade econômica, isto é, com a viabilidade dos projetos e processos utilizando a simulação e a RA, o quanto diminuiu o custo de prototipagem e recall<sup>6</sup> para as indústrias (BATEMAN *et al.*, 2013). A diminuição dos custos de produção e de retrabalhos impactaria no faturamento das empresas, ocasionando mais investimentos em tecnologias 4.0 (UNIDO, 2019; OIT, 2017).

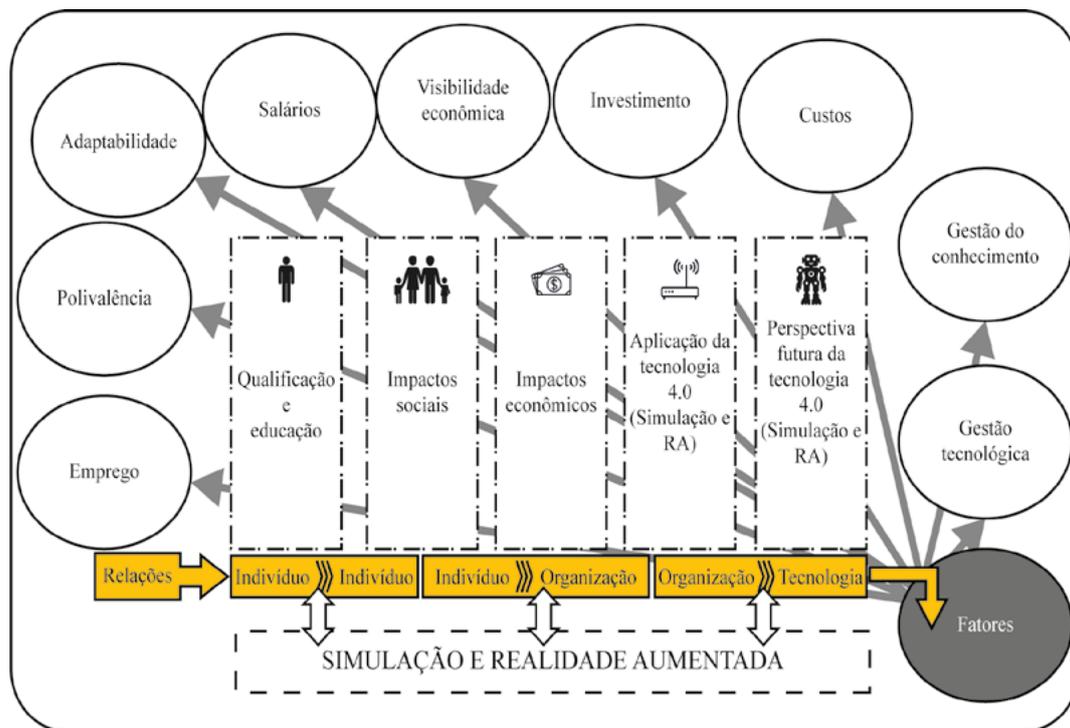
A última relação encontrada foi a da organização-tecnologia: a empresa, por meio de tecnologia, pode chegar à implementação da Indústria 4.0. Olhando os fatores de emprego, adaptabilidade, polivalência, salário, viabilidade econômica, investimento, gestão do conhecimento e gestão tecnológica para uma implementação direcionada a estes pilares tecnológicos da simulação e RA.

A aplicação das tecnologias 4.0: se referindo ao tema desta pesquisa e à perspectiva futura da tecnologia 4.0, observa-se a relação direta na organização com tecnologia, olhando a complexidade dos softwares de simulação e RA conectados com a fabricação, tendo protocolos de comunicação padronizados e informações em tempo real, gerenciados pela gestão do conhecimento e a gestão tecnológica (CUI; KARA; CHAN, 2020; FATORACHIAN; KAZEMI, 2018; JESCHKE *et al.*, 2017).

---

6 A palavra *recall* é um termo em inglês, que significa uma solicitação de devolução de um lote ou de uma linha inteira de produtos feita pelo próprio fabricante. Geralmente, isso ocorre pela descoberta de problemas relativos à segurança do produto.

Figura 03 - Framework conceitual da pesquisa



## 5. CONCLUSÃO

Ao longo do artigo foi estudada a aplicação da simulação e da RA no contexto das atuais organizações e como as indústrias estão se organizando no seu cotidiano. O objetivo principal foi propor um *framework* para o mapeamento e a implementação de simulação e RA com foco na Indústria 4.0. A resposta do objetivo é o próprio *framework*. Pode-se assegurar que, em breve, a simulação e a RA serão a passagem para um processo mais seguro de mitigação de erros.

Os desígnios da utilização desses pilares tecnológicos já vêm sendo empregues, utilizados em processos básicos de produção ou de estipulação de métodos de trabalho que se tornaram menos falhos e extremamente factíveis ao ponto de prevenção de perdas e ganhos. Exige tempo e investimento de recursos, como os softwares e hardwares de manipulação dos processos. Em equivalência, os custos dos processos serão razoavelmente

relativos aos propósitos dos projetos, os quais podem estabelecer custos e larga escala.

A qualificação da mão de obra terá que ser contínua e polivalente. O detentor dessa tecnologia não poderá ser só um especialista em determinado assunto, mas ter conhecimentos transversais além de sua especialidade. Os impactos sociais serão benéficos, ao ponto de se ter um ambiente de trabalho menos insalubre e mais propenso a *home office*, conforme relatado por um dos entrevistados. Um impacto negativo social seria a diminuição dos postos de trabalho mais braçais, onde a mão de obra terá que se qualificar ou se reinventar em outras áreas da Indústria 4.0.

Quanto a impactos econômicos, foram apresentados relatos na questão da viabilidade econômica das empresas em relação aos investimentos para o uso da simulação e da RA, em que as grandes empresas têm melhor poder econômico para se utilizar dessas duas tecnologias e, por consequência, entregar produtos com mais qualidade. As pequenas

e médias empresas têm alguns dificultadores, que seriam a parte financeira e a questão de manter um profissional capacitado para utilizar essas tecnologias, o que pode acabar se tornando oneroso.

A utilização das tecnologias de simulação e RA está acontecendo. A simulação é utilizada mais em larga escala, e a RA, em algumas empresas, de forma mais embrionária. Futuramente, ela será utilizada simultaneamente com a simulação, tanto na questão de montagens de uma linha de produção quanto em treinamentos para funcionários no contexto industrial. Foi observado que o benefício do uso da grande quantidade de informações é o da conexão entre os produtos que derivam da tecnologia 4.0. É de se aceitar que os objetos estáticos se transformem em dinâmicos. A adequação do objeto 3D ao meio estimula o desenvolvimento de vários produtos inovadores que acrescentam valor agregado aos produtos e novas aplicações.

## 5.1 Contribuições Teóricas e Práticas do Estudo

Ficam duas contribuições desta pesquisa para a academia: a primeira diz respeito à percepção dos sujeitos pesquisados no que tange aos pilares tecnológicos de simulação e RA, e a segunda dá subsídio a outras pesquisas na utilização destas tecnologias 4.0.

Pode-se afirmar que as empresas podem utilizar as implicações práticas e gerenciais para embasar a implementação da simulação e da RA em seus processos internos, primeiramente trabalhando a qualificação da mão de obra, avaliando os impactos sociais e econômicos, e como aplicar no seu tipo de negócio.

A perspectiva futura para a empresa é que a implementação neste processo irá trabalhar as questões da gestão do conhecimento e da gestão tecnológica. O *framework* também serve como uma bússola para implementação

de outras tecnologias 4.0, através de treinamentos internos e *wokshops* para discuti-lo internamente. Como o foco é implementação, a aplicação é sistemática e flexível para outros elementos da Indústria 4.0.

## 5.2 Limitações do Estudo e Pesquisas Futuras

Uma limitação que foi constatada é advinda do método de pesquisa, pois o estudo qualitativo genérico trabalha mais na percepção de mundo dos entrevistados, e não permite aprofundar como um estudo de caso ou múltiplos casos. Não foi feita uma triangulação de fontes de dados, como pesquisa documental, observação direta ou observação não participante.

Para pesquisas futuras, se recomenda fazer estudos de caso e múltiplos casos, até mesmo etnografia em um ambiente que utiliza a simulação e a RA. Outro estudo interessante seria como o futuro de emprego atingiria estes dois pilares tecnológicos; quais seriam os *Hard skills* e *Soft Skills* para um profissional dessa área ou da Indústria 4.0. Por fim, estudos quantitativos para medir o nível de maturidade das empresas nos pilares tecnológicos da Indústria 4.0 também poderão ser alvo de futuras perspectivas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALAM, M. K. A systematic qualitative case study: Questions, data collection, NVivo analysis and saturation. **Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal**, 2020.

AZUMA, R. et al. Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

- BARBOSA, J. W. S.; CARVALHO, C. V. A. Geotransform3d: Objeto computacional em realidade aumentada para apoio ao ensino da matemática. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 1, 2017.
- BASL, J. Pilot Study of Readiness of Czech Companies to Implement the Principles of Industry 4.0. **Management and Production Engineering Review**, v. 8, n. 2, p. 3- 8, 2017.
- BATEMAN, R. E. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Elsevier, 2013.
- CUI, Y.; KARA, S.; CHAN, K. C. Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. v. 62, n. 101861, 2020.
- DAVIS, W. et al. Simulation and scheduling. In: Proceedings of the 1991. **Winter Simulation Conference**, p. 382-391, 1991.
- MORAIS, M. O.; SANTOS, O. S.; MORAIS, G. A. A importância das metodologias 4.0 no desenvolvimento de uma pequena empresa: Estudo de caso sobre a utilização de impressão 3D em uma empresa Metalúrgica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e56710112218-e56710112218, 2021.
- ERBOZ, G. How to define industry 4.0: main pillars of industry 4.0. **Managerial trends in the development of enterprises in globalization era**, p. 761-767, 2017.
- FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 8, p. 633-644, 2018.
- FENTON, A. **Weft QDA User's Manual**, 2006. Disponível em: [http://www.pressure.to/qda/doc/weft\\_manual-en.pdf](http://www.pressure.to/qda/doc/weft_manual-en.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.
- GIORDANO et al., Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in industry**, v. 89, p. 23-34, 2017.
- GISARIO, A. et al. Metal additive manufacturing in the commercial aviation industry: A review. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 53, p. 124-149, 2019.
- GODOY, A. S. Refletindo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa. **GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 3, n. 2, 2010.
- INDÚSTRIA 4.0: A Política Industrial da Alemanha para o futuro. **Iedi**, 2017. Disponível em: [https://iedi.org.br/cartas/carta\\_ie-di\\_n\\_807.html](https://iedi.org.br/cartas/carta_ie-di_n_807.html). Acesso em: 02 jan. 2021.
- JESCHKE, S. et al., Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems. In: [s.l.]: **Springer International Publishing**, p. 3-19, 2017.
- JÚNIOR, A. S. R. et al. Um material potencialmente significativo para o ensino da engenharia civil utilizando impressora 3D e realidade aumentada: uma experiência com alunos do ensino médio e do ensino superior. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10855-10868, 2020.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: securing the future of German manufacturing industry. [S.l.]: **National Academy of Science and Engineering**, 2013.
- KENNEDY, D. M. Is it any clearer? Generic qualitative inquiry and the VSAIEEDC model of data analysis. **The Qualitative Report**, v. 21, n. 8, p. 1369-1379, 2016.
- LYRA, M. R.; VASCONCELOS, Y. F. Jogos em realidade aumentada. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 24257-24266, 2021.

- MERRIAM, S. B. **Qualitative research: a guide to design and implementation**. 2nd Jossey-Bass. San Francisco: 2009.
- MICROSOFT HOLOLENS. **Óculos de realidade aumentada**. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>. Acesso em 20 jan. 2021.
- MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **Ieice Transactions on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.
- NIST. **Big Data Interoperability Framework: Definitions**. 2015.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Disponível em: [http://www.ilo.org/public/portugue/region/eurpro/lisbon/pdf/cit104\\_relatorioretorfinal.pdf](http://www.ilo.org/public/portugue/region/eurpro/lisbon/pdf/cit104_relatorioretorfinal.pdf). Acesso em 18 fev. 2020.
- PANDIT, N. R. **Towards a grounded theory of corporate turnaround: A case study approach**. 1995. Tese (Doutorado) - The University of Manchester.
- REISCHAUER, G. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 26-33, 2018.
- NETO, A. R. **Pesquisa descritiva da inovação tecnológica para simulação em Realidade Virtual e Aumentada sob a perspectiva da indústria 4.0 e os sistemas virtuais de produção**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- RÜBMAN, M. *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.
- SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0**. Editora Blucher, 2018.
- SILTORI, P. F. S. **Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- SCHUH, G. *et al.* **Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies** (acatech Study) Herbert Utz Verlag, Munich, 2017.
- SCHOLL, K. Robot-based production faces new challenges. **ATZproduktion worldwide eMagazine**, v. 4, n. 4, p. 28-33, 2011.
- SHIPP, S. S. *et al.* **Emerging global trends in advanced manufacturing**. Institute For Defense Analyses Alexandria VA, 2012. Disponível em: [https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/IDA-STPI-report-on-Global-Emerging-Trends-in-Adv-Mfr-P-4603\\_Final2-1.pdf](https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/IDA-STPI-report-on-Global-Emerging-Trends-in-Adv-Mfr-P-4603_Final2-1.pdf). Acesso em: 10 fev. 2021.
- STRACHMAN, E. *et al.* **Crescimento Econômico Brasileiro e seus Obstáculos–1930-2015: uma análise histórico-estrutural** [The Brazilian Economic Growth and its Constraints-1930-2015: a historic-structural analysis]. University Library of Munich, Germany, 2016. Disponível em: [https://mpraub.uni-muenchen.de/72697/1/MPRA\\_paper\\_72697.pdf](https://mpraub.uni-muenchen.de/72697/1/MPRA_paper_72697.pdf). Acesso em: 10 Nov. 2021.
- SOFTWARES de simulação. **Siemens**, 2021. Disponível em: <https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/simit.html>. Acesso em: 17 Nov. 2021.
- UNIDO “United Nations Industrial Development Organization” (2019). **Industrial Development Report 2020 - Industrializing in the digital age**. Disponível em: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO\\_IDR2020-English\\_overview.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-English_overview.pdf). Acesso em: 16 fev. 2021.

WANG, S. *et al.* Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v.12, 2016.

WEYER, S. *et al.* Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. **Ifac-Papersonline**, v. 48, n. 3, p. 579-584, 2015.