

Título: EDUCAÇÃO 4.0 E SEUS BENEFÍCIOS PARA O ENSINO NA ERA DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Title: EDUCATION 4.0 AND ITS BENEFITS FOR EDUCATION IN THE ERA OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Versão do autor aceita publicada online: 09 jun. 2022

Publicado online: 12 ago. 2022

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA): Moraes, E. B., Kipper, L. M., Kellermann, A. C. H., & Leivas, P. (2022). Educação 4.0 e seus benefícios para o ensino na era da quarta revolução industrial. *Exacta*. DOI:<https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21340>

Eduardo Baldo Moraes

eduardobaldo@mx2.unisc.br

<http://orcid.org/0000-0002-0675-7739>

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Estudante de graduação em Engenharia de Produção

Liane Máhlmann Kipper

liane@unisc.br

<http://orcid.org/0000-0002-4147-892X>

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Profa. Liane Máhlmann Kipper, Dra. Bolsista Produtividade CNPq Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – PPGSPI Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – PPGTA; Programa de Pós-Graduação em Psicologia – PPGPSI Departamento de Ciências, Humanidades e Educação

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Ana Clara Hackenhaar Kellermann

anakellermann@mx2.unisc.br

<http://orcid.org/0000-0001-8395-5715>

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Estudante de graduação de Engenharia de Controle e Automação

Pedro Leivas

leivas3@mx2.unisc.br

<http://orcid.org/0000-0001-8186-5847>

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Estudante de graduação em Engenharia de Produção

Resumo

As tecnologias da Indústria 4.0 estão sendo utilizadas por toda a sociedade e, no ensino, não pode ser diferente, especialmente na era da Educação 4.0. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar qual tecnologia da Indústria 4.0 é mais utilizada na Educação 4.0, quais seus benefícios e em que nível ela é usada. Para isso, realizou-se uma revisão

sistemática de literatura, com foco em responder as seguintes questões: *qual é a tecnologia da Indústria 4.0 mais presente na Educação 4.0 e quais são seus benefícios?; e em que nível de ensino ela está sendo utilizada?* Foram selecionados 51 artigos, publicados entre 2011 até março de 2021, para uma análise quantitativa e 23 deles foram lidos para responder às perguntas da pesquisa. Constatou-se que o maior uso é de Realidade Aumentada (AR), sendo o ensino superior o nível em que está mais presente. Ela colabora para aumentar a imersão e o engajamento dos estudantes, desenvolver *soft skills*, entre outros benefícios. Espera-se que este trabalho contribua para o desenvolvimento da Educação 4.0 em todas as etapas de ensino.

Palavras-chave: Educação 4.0. Tecnologias da Indústria 4.0. Revisão sistemática de literatura. Realidade Aumentada

Abstract

The technologies of Industry 4.0 are being used throughout society and, in teaching, it cannot be different, especially in the era of Education 4.0. Thus, the aim of this study was to analyze which Industry 4.0 technology is most used in Education 4.0, what are its benefits are and at what level it is used. For this, a systematic literature review was carried out, focusing on answering the following questions: what is the Industry 4.0 technology most present in Education 4.0 and what are its benefits?; and at what level of education is it being used? 51 articles were selected, published between 2011 and March 2021, for a quantitative analysis and 23 of them were read to answer the research questions. It was found that Augmented Reality (AR) is most used, with higher education being the level in which it is most present. It helps to increase student immersion and engagement, develop soft skills, among other benefits. It is expected that this work will contribute to the development of Education 4.0 at all stages of teaching.

Keywords: Education 4.0. Industry 4.0 Technologies. Systematic literature review. Augmented Reality

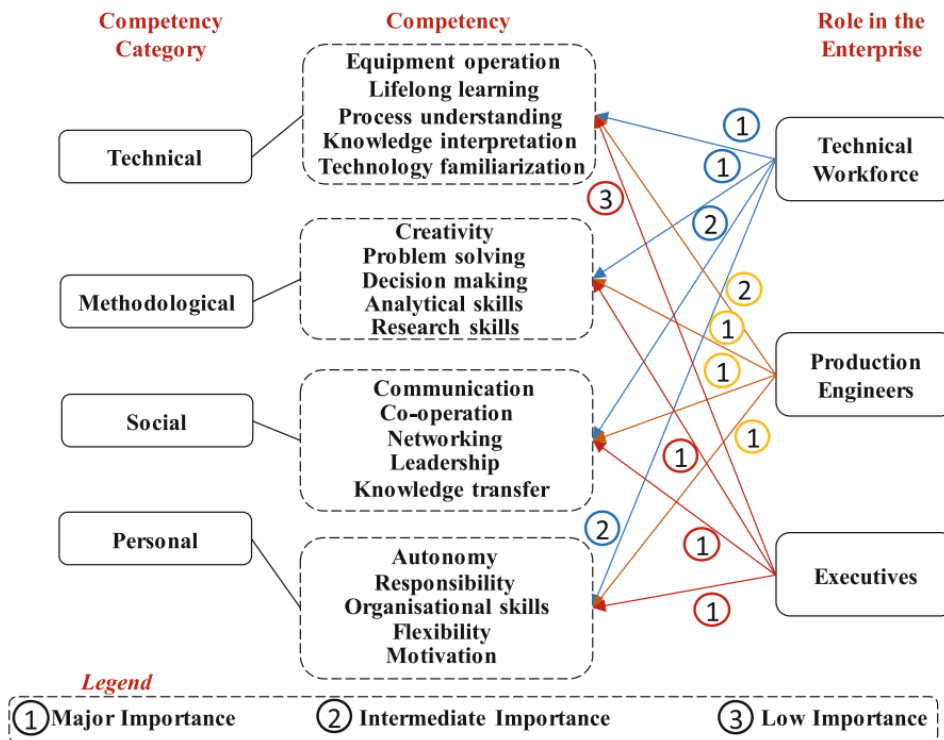
1 Introdução

Desde a primeira vez em que o termo Indústria 4.0 foi utilizado, em 2011, na Alemanha, toda a sociedade teve que se adaptar, aumentando o uso de tecnologias, de modo a dar continuidade a suas atividades de forma sustentável. A pandemia de COVID-19 evidenciou ainda mais essa necessidade, especialmente no contexto da Educação. Conforme Aliyu e Talib (2020), o sistema educacional sempre se adaptou aos valores e necessidades da indústria de sua época. Assim, atualmente, vive-se a era da Educação 4.0 (E4.0), na qual o aluno assume o protagonismo do processo de aprendizagem e o professor se torna um tutor desse processo (Fisk, 2019). Dessa forma, espera-se suprir os requisitos profissionais da Quarta Revolução Industrial.

Economias de todo o mundo tem como foco a implementação da Indústria 4.0 (Cugno, M., Castagnoli, R., & Büchi, G., 2021). Com ela, as fábricas se tornam inteligentes, com propriedades autônomas de automonitoramento e autoconfiguração. A colaboração homem-máquina proporciona novos processos de fabricação, que tornam possíveis alcançar níveis de eficiência e produtividade nunca antes vistos (Thames & Schaefer, 2016). Tecnologias como robótica, Internet das Coisas, manufatura aditiva, realidade virtual e aumentada, simulação, integração de sistemas, *big data*, Inteligência Artificial, segurança industrial, sistemas *cyber*-físicos, dispositivos móveis e *wearables* e *cloud computing* são cruciais para o atingimento de tais níveis (Maier, 2017).

Além disso, novas competências são exigidas dos colaboradores. Mourtzis (2018) indica habilidades emergentes da Indústria 4.0 e o grau de importância delas para as empresas. A força de trabalho técnico, por exemplo, deve estar habituada com as competências técnicas: conhecer o equipamento, o processo e as tecnologias utilizadas. Engenheiros de produção e executivos, assim como os operadores, devem desenvolver competências metodológicas (criatividade, capacidade de resolução de problemas e tomada de decisão) e de pesquisa e análise (Mourtzis, 2018; Kipper *et al.*, 2021). Por fim, engenheiros e executivos também devem possuir aptidões sociais (comunicação, cooperação e liderança) e pessoais (autonomia, flexibilidade e responsabilidade). A integração entre as categorias e sua importância para cada função estão representadas na

Figura 1 – Competências da Indústria 4.0 e sua importância para desempenhar os papéis na empresa



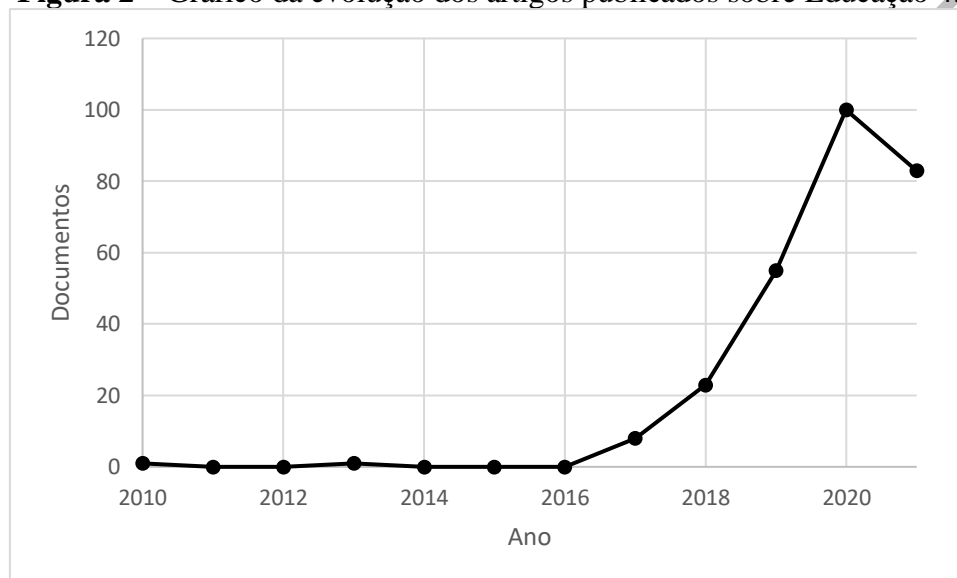
Fonte: Mourtzis, D. (2018).

A partir dessas novas tecnologias e da necessidade de renovação do sistema educacional, para que se adapte aos requisitos e desenvolva as competências da Indústria 4.0, surge a Educação 4.0. Segundo Fisk (2017), nove princípios guiam a E4.0: (1) aprendizado não limitado ao tempo e espaço; (2) aprendizado personalizado de acordo com as capacidades e necessidades dos estudantes; (3) flexibilidade para o aluno escolher as ferramentas e recursos a serem utilizados; (4) aprendizagem baseada em projetos; (5) experiências práticas e experimentais, como estágios, projetos de mentoria e de colaboração; (6) interpretação de dados para inferir lógicas e tendências; (7) novas maneiras de avaliação, como testar o conhecimento aplicando-o em projetos de campo; (8) contribuição dos alunos para desenvolver e revisar os currículos; (9) aprendizado cada vez mais independente.

Na base de dados Scopus, a primeira vez que o termo *Education 4.0* foi publicado foi em 2010, no trabalho *Towards na art education 4.0* (Esaño, 2010). Entretanto, a partir de 2017, as pesquisas começaram a crescer de forma exponencial, como evidenciado na

Figura 2. Até dezembro de 2021, encontravam-se 83 trabalhos publicados, o que representa uma pequena queda em relação ao ano anterior, mas indica que ainda se trata de um tema muito relevante.

Figura 2 – Gráfico da evolução dos artigos publicados sobre Educação 4.0



Fonte: Adaptado de Scopus (2021)

Observando a tendência demonstrada na figura 2, assim como a necessidade de adaptação da Educação às novas necessidades do mercado de trabalho, desenvolvendo nos estudantes competências como liderança, pensamento crítico, colaboração, criatividade e proatividade, este artigo tem o objetivo de analisar qual *a tecnologia da Indústria 4.0 mais usada na Educação 4.0, quais seus benefícios e em que nível de ensino ela é utilizada.*

Existem outros trabalhos revisando o uso de tecnologias na Educação. Alguns deles estão focados em uma disciplina específica, enquanto outros estudam apenas uma tecnologia. Contudo, nenhum trabalho pesquisa sobre o uso de diversas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 em todos os níveis e área de ensino, no contexto da Educação 4.0. Este artigo supre tal lacuna.

O trabalho foi dividido em 5 seções, sendo a primeira a introdução já apresentada. A Seção 2 compreende uma breve revisão de literatura sobre a evolução ocorrida na Educação. Na Seção 3, encontra-se o método utilizado, com as definições e os critérios

de pesquisa. Na Seção 4 são apresentados os resultados e discussões. A conclusão finaliza o artigo, na Seção 5.

2 Referencial teórico

Ao longo das Revoluções Industriais, a Educação foi se alterando até chegar ao estágio atual. Durante a Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII e início do século XIX, tinha-se a chamada Educação 1.0. Deste momento em diante várias etapas do ensino foram ocorrendo, até a época da Quarta Revolução Industrial e, consequentemente, à Educação 4.0 (Aliyu & Talib, 2020).

Cada era da educação tem suas características bem definidas. A Educação 1.0, por exemplo, destaca-se pelo ensino autoritário, com o recebimento passivo dos conteúdos, por meio da figura central do professor. A Educação 2.0 e 3.0 marcam a transição deste autoritarismo para a proatividade do estudante, enquanto a Educação 4.0 tem o aluno no centro, como protagonista de seu processo de aprendizagem, apoiado em tecnologias avançadas da Indústria 4.0 (Aliyu & Talib, 2020; Butt *et al.* 2020). O Quadro 1 apresenta as características de cada era de ensino.

Quadro 1 – Evolução das fases de ensino

Características	Educação 1.0	Educação 2.0	Educação 3.0	Educação 4.0
Papel principal do professor	Autoridade e fonte de conhecimento	Guia e fonte de conhecimento	Facilitador da criação colaborativa do conhecimento	Monitor e observador da aprendizagem
Fonte do conteúdo	Livros tradicionais e com direitos autorais	Material educacional gratuito e com direitos autorais	Diferentes recursos, como <i>e-books</i> e webséries educacionais	Material dinâmico e 3D baseado em tecnologias
Atividades da sala de aula	Cópia de textos, testes tradicionais e, às vezes, atividades em grupos	Atividades de aprendizagem colaborativa são realizadas, mas ainda dentro dos limites da sala de aula	Atividades abertas, colaborativas, flexíveis e criativas realizadas até mesmo além dos	Atividades criativas, inovadoras e dinâmicas, sem limite das salas de aula

Características	Educação 1.0	Educação 2.0	Educação 3.0	Educação 4.0
			limites da sala de aula	
Comportamento dos estudantes	Amplamente passivo	Passivo para ativo	Ativo, entusiasmado e confiante	Independente, ativo, inovador e de acordo com seu estilo próprio de aprendizagem
Tecnologias	E-learning possibilitado apenas por meio do gerenciamento eletrônico dentro de uma instituição	E-learning e colaboração envolvendo outras escolas e universidades	E-learning orientado do ponto de vista de ambientes pessoais de aprendizagem independentes	E-learning totalmente baseado em novas ferramentas tecnológicas inovadoras
Local das escolas	Prédio específico	Prédio específico ou online	Em todos os lugares em uma sociedade criativa	No corpo humano em uma rede global

Fonte: Butt *et al.* (2020).

Durante toda a história acreditou-se que o aprendizado deveria ser uniforme, ou seja, igual para todos. Todavia, com as novas tecnologias, há a possibilidade da personalização. Além disso, no ensino clássico, o professor é visto como um especialista, o aprendizado é por absorção e existe a crença de que os alunos devem decorar todo o conteúdo, de modo a não precisar de fontes externas. A partir da utilização de novas tecnologia, essas características são substituídas, respectivamente, por diferentes meios de adquirir o conhecimento, pelo aprendizado na prática e pela capacidade de buscar por informações verídicas (Collins & Halverson, 2010).

A Educação 4.0 baseia-se em tecnologias da I4.0 e metodologias ativas, como Ensino Híbrido, ou seja, *online* e *offline*, com atividades à distância, grupos de debate, etc.; Aprendizagem Baseada em Projetos ou Problemas (PBL); Sala de Aula Invertida, ou *Flipped Classroom* (FC), na qual os alunos estudam em casa e discutem suas dúvidas e aprendizados na escola; STEAM, sigla, em inglês, para o uso multidisciplinar de Ciências, Tecnologias, Engenharia, Artes e Matemática; e Cultura *Maker*, que

representa a aprendizagem criativa e inovadora e o aprender fazendo (Silva, E. C., Viana, H. B., & de Barros Vilela, G, 2020).

Já foram feitas revisões sobre o uso de tecnologias na Educação. Parmaxi e Demetriou (2020), por exemplo, pesquisaram sobre a utilização de Realidade Aumentada (AR) no ensino de idiomas. Eles identificaram que esse recurso aumenta a motivação, satisfação e engajamento dos alunos, ao mesmo tempo em que facilita o entendimento do conteúdo e amplia as possibilidades de atividades. Lou *et al.* (2021) e Liu *et al.* (2021) também realizaram revisões sobre a Realidade Virtual e dispositivos Mobile na educação, respectivamente.

A partir dessa evolução no ensino e das pesquisas já realizadas, surge a necessidade de identificar a tecnologia mais utilizada na educação, assim como seus usos e benefícios.

3 Metodologia

Foi realizada uma revisão sistemática de literatura, que objetiva identificar, avaliar e interpretar os estudos relevantes a uma área, um fenômeno de interesse ou algumas questões de pesquisa. Assim, é possível resumir o conhecimento e evidências acerca de um tópico específico, além de oferecer suporte a pesquisas futuras, identificando lacunas de pesquisa e fornecendo um *background* para os próximos pesquisadores. (Keele, 2007).

Neste trabalho, foi utilizado o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Liberati, *et al.* 2009; Moher *et al.*, 2015; Mcinnes *et al.*, 2018). Ele é dividido em quatro etapas, as quais são: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Liberati *et al.*, 2009). O modelo de Gohr, Santos, Gonçalves & Pinto (2013) também foi utilizado na fase de triagem.

Tendo em vista o objetivo do estudo, foram elaboradas as seguintes questões:

Q1 – Qual a tecnologia da Indústria 4.0 mais presente na Educação 4.0 e quais são seus benefícios?

Q2 - Em que nível de ensino ela está sendo utilizada?

A busca de documentos foi realizada nas bases de dados *Scopus (Elsevier)*, *Web of Science* e *Science Direct (Elsevier)*, a partir do ano de 2011 (ano do surgimento do termo Indústria 4.0) até março de 2021. As pesquisas foram realizadas unindo o termo *Education 4.0* com as principais tecnologias da Indústria 4.0, definidas por Maier (2017) e Dalmarco, Ramalho, Barros & Soares (2019).

Para responder às perguntas, foram desenvolvidas as buscas especificadas no Quadro 2

Quadro 2 – Protocolo PRISMA sobre Educação 4.0

Identificação	<p><u>Base de dados:</u> As bases <i>Science Direct</i>, <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> foram escolhidas por serem reconhecidas como as mais importantes na área da ciência e tecnologia.</p> <p><u>Palavras-chave:</u> Foram utilizados termos relacionados com Educação e tecnologias da indústria 4.0.</p> <p>As palavras chave foram associadas de acordo com a relação a seguir:</p> <p>1ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>internet of things</i>” OR “<i>IoT</i>”</p> <p>2ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>big data</i>” OR “<i>big data analytics</i>”</p> <p>3ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>machine learning</i>”</p> <p>4ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>cloud computing</i>” OR “<i>cloud</i>”</p> <p>5ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>virtual reality</i>” OR “<i>vr</i>”</p> <p>6ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>augmented reality</i>”</p> <p>7ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>autonomous robots</i>” OR “<i>collaborative robots</i>”</p> <p>8ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>additive manufacturing</i>” OR “<i>3D printing</i>”</p>
---------------	--

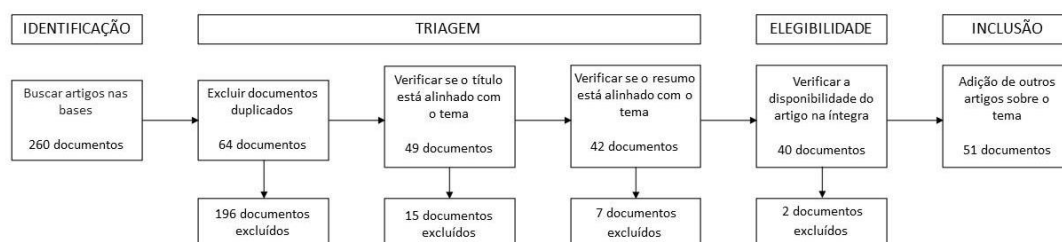
	<p>9ª busca: "education 4.0" AND "simulation" OR "virtual environment"</p> <p>10ª busca: "education 4.0" AND "cybersecurity" OR "cyber security" OR "blockchain"</p> <p>11ª busca: "education 4.0" AND "CPS" OR "cyber physical system" OR "cyber-physical system"</p> <p>12ª busca: "education 4.0" AND "industrial internet"</p> <p>13ª busca: "education 4.0" AND "integrated systems"</p> <p>14ª busca: "education 4.0" AND "AI" OR "artificial intelligence" OR "neural network"</p> <p>15ª busca: "education 4.0" AND "mobile" OR "wearable"</p> <p><i>Years Publication/Language: O critério de seleção foi elaborado levando em conta o período 2011 até março de 2021. Linguagem: somente textos em inglês.</i></p>
Triagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analisar a duplicidade. O software Mendeley versão 1803 foi usado como suporte para identificar se há duplicidade entre artigos selecionados. ✓ Leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves para escolha de artigo por tema.
Elegibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar a possibilidade de acesso dos textos completos dos artigos. ✓ Análise pelo SciMAT, para definição de artigos para análise qualitativa.
Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De artigos relacionados com o tema advindos de outras bases de periódicos.

	✓ De outros artigos já conhecidos.
--	------------------------------------

Fonte: Adaptado de Moher *et al.* (2015).

Os documentos foram limitados apenas a artigos originais, para evitar revisões e trabalhos já analisados. Somando os resultados das três bases de dados, foram encontrados 260 documentos. No entanto, utilizando o *software* Mendeley versão 1803, foram excluídos os trabalhos duplicados. Na sequência, foi seguido o modelo de protocolo adaptado de Gohr *et al.* (2013) e de Mohrer *et al.* (2015) para a exclusão quantitativa de documentos. Assim, chegou-se a 51 artigos. A Figura 3 mostra as etapas realizadas.

Figura 3 – Protocolo PRISMA para seleção de artigos



Fonte: Adaptado de Moher, D. *et al.* (2015) e Gohr *et al.* (2013)

A análise de artigos foi dividida em duas partes: a primeira foi uma análise quantitativa dos documentos, por meio do *software* SciMat. Com ele, obteve-se informações importantes, como temas motores, integração de tecnologias, principais autores, etc. Após, os artigos com as tecnologias mais relevantes foram analisados para responder às questões do estudo.

4 Análise dos resultados

Utilizando o *software* SciMat, as palavras-chave dos artigos foram processadas e divididas em cinco períodos, cada um englobando dois anos, exceto o primeiro, que

incluiu três anos devido ao baixo número de documentos. Os períodos foram: 2011-2013; 2014-2015; 2016-2017; 2018-2019 e 2020-2021.

Através dos resultados gerados pelo SciMat e da análise realizada pelos autores, as perguntas do artigo puderam ser respondidas. A tecnologia da Indústria 4.0 mais utilizada na Educação 4.0 é a Realidade Aumentada, com 9 documentos. Na sequência, as mais presentes são: Simulação (5 documentos), Internet das Coisas (4 documentos), Realidade Virtual (3 documentos), *Big Data* (3 documentos), *Cloud Computing* (3 documentos), *Cyber-Physical System* (3 documentos) e *Mobile* (3 documentos). Inteligência Artificial, *Machine Learning* e *Autonomous Robots* apresentam um documento cada. Tais valores foram obtidos por meio da contagem do número de trabalhos com essas palavras-chave e seus sinônimos dentro do *software*.

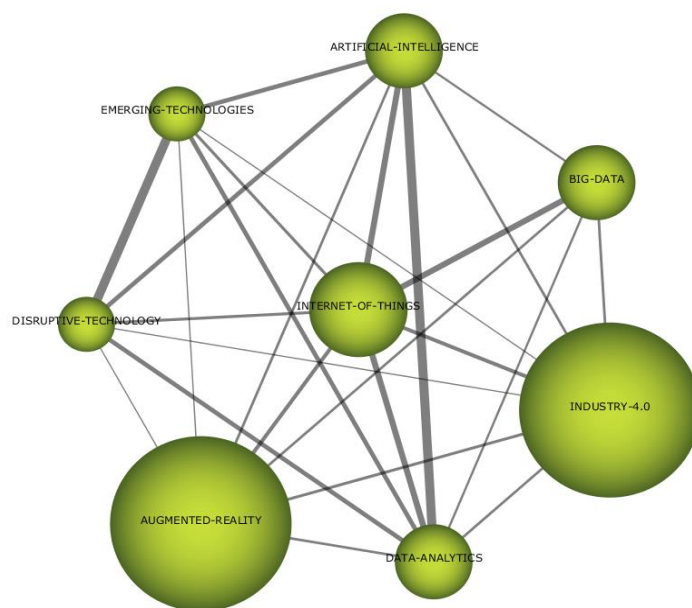
O principal autor sobre Educação 4.0 é Mourtzis, com quatro artigos. Seus trabalhos tratam sobre Computação em Nuvem, Sistemas Cyber-Físicos, Simulação, e um deles - “An Augmented Reality collaborative product design cloud-based platform in the context of learning factory” (Mourtzis *et al.*, 2020), trata sobre Realidade Aumentada. A fonte mais relevante de trabalhos é a Conference of Learning Factories. Dois artigos foram apresentados em sua oitava edição, quatro na nona edição e seis na décima edição. Os trabalhos mais citados são: *Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0*, (Benešová & Tupa, 2017), com 601 citações, seguido por *Cyber-Physical Systems and Education 4.0 - the Teaching Factory 4.0 Concept* (Mourtzis *et al.*, 2018), com 172 citações.

Alguns trabalhos apresentam mais de uma tecnologia ao longo do texto, sem que ela esteja presente entre as palavras-chave. Por isso, selecionamos para leitura todos os documentos que continham os termos do parágrafo anterior, de modo a não excluir algum em que a Realidade Aumentada estivesse presente. Assim, chegou-se a 23 documentos. Porém, antes da leitura, analisou-se os resultados relacionados à AR nas figuras geradas pelo SciMat.

No período de 2018-2019, a Realidade Aumentada está presente com grande relevância. Ela aparece ligada a outras tecnologias da Indústria 4.0, como Internet das Coisas, Inteligência Artificial e *Big Data*, indicando uma união nos trabalhos, seja por meio de

cursos em que são ensinadas ou atividades práticas. O *cluster* obtido no SciMat está representado na Figura 4.

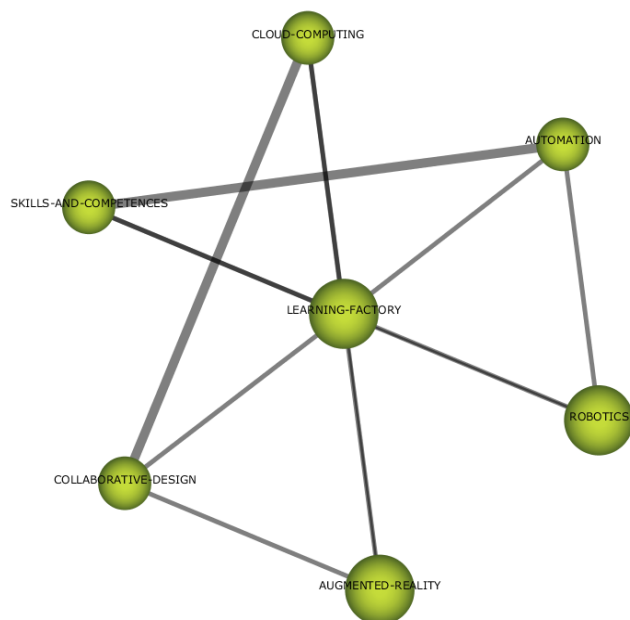
Figura 4 – Cluster de 2018-2019 com Realidade Aumentada



Fonte: Autores, 2021.

A Realidade Aumentada aparece novamente no período 2020-2021, desta vez ligada com *Learning Factory* e *Design Colaborativo*. Isso mostra sua utilização no contexto industrial, muito provavelmente para o ensino superior, em cursos relacionados à manufatura. O *cluster* obtido pelo *software* está presente na Figura 5.

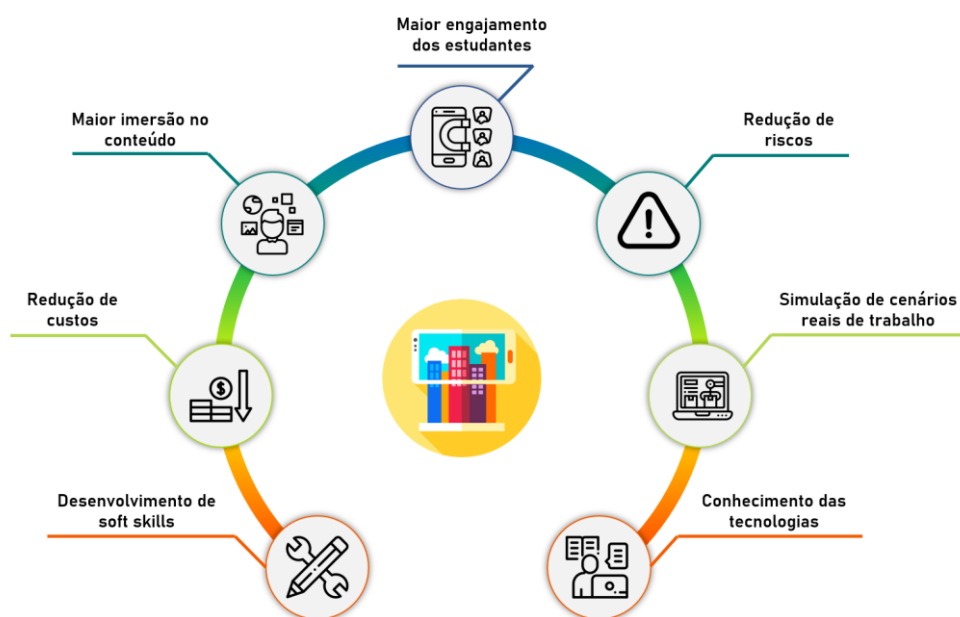
Figura 5 – Cluster de 2020-2021 com Realidade Aumentada



Fonte: Autores, 2021.

A partir da leitura dos artigos, foi desenvolvida a Figura 6, que sintetiza como a Realidade Aumentada contribui com o aprendizado. Na sequência, os resultados são detalhados.

Figura 6 – Benefícios da utilização de Realidade Aumentada na Educação



Fonte: Autores, 2021.

Artigos como o de Catal e Tekinerdogan (2019) e o de Aliyu e Talib (2020) destacam que as tecnologias, no caso, a Realidade Aumentada, além de promoverem o aprendizado, também colaboram para o desenvolvimento de *soft skills* nos estudantes, como criatividade, comunicação, cooperação e capacidade de resolução de problemas. Conforme descrito por Mourtzis (2018) e Kipper *et al.* (2021), essas são competências essenciais para a Indústria 4.0.

As tecnologias são bastante utilizadas em *Learning Factories*, o que é de se esperar, dada a necessidade dos alunos de aprenderem na prática como será seu futuro no mercado de trabalho. Nesse contexto, Realidade Aumentada e Simulação permitem o estudo sem a necessidade de alteração do produto ou processo físico, reduzindo custos e riscos de erros. Assim, os futuros engenheiros entram em contato com os recursos que estarão presentes em suas profissões e podem explorar suas capacidades em um ambiente virtual (Mourtzis *et al.*, 2019; Mourtzis *et al.*, 2020; Zarte & Pechmann, 2020).

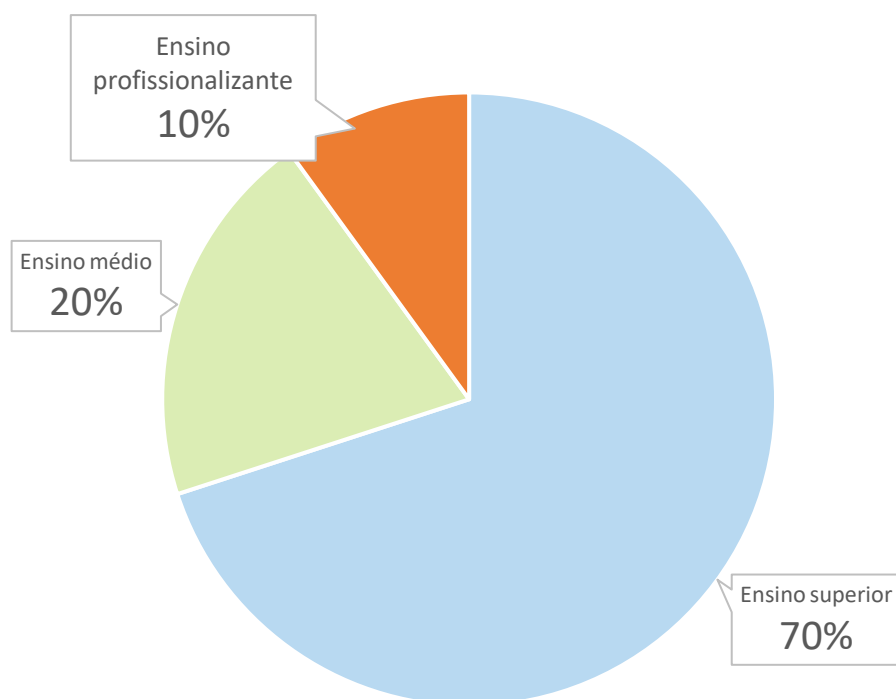
Juntamente com a Realidade Virtual (VR), a Realidade Aumentada possibilita uma maior imersão no aprendizado. No aprendizado de química, por exemplo, dois artigos,

Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning (Majid & Majid, 2018) e *Integration of augmented reality in learning chemistry: A pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals* (Aliyu & Talib, 2020), comentam sobre a facilidade no entendimento de modelos atômicos, estruturas e propriedades dos materiais por meio do uso de AR. A mesma situação ocorre em laboratórios físicos e remotos, nos quais os experimentos são compreendidos com o auxílio desses recursos (Grodzki *et al.*, 2018; Sonntag *et al.*, 2019).

Diversos estudos focam no ensino das tecnologias propriamente ditas, para habilitar os estudantes para uma indústria que utilizará, cada vez mais, esses recursos. Catal e Tekinerdogan (2019) desenvolveram cursos sobre *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Additive Manufacturing*, *Augmented Reality (AR)*, *Cloud Computing*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Cybersecurity*, entre outras. Ellahi, Khan & Shah (2019), por sua vez, desenvolveram uma matriz curricular para o ensino superior, que envolveria o ensino de *Big Data*, Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada.

Em relação ao nível de ensino em que a Realidade Aumentada está mais presente, a resposta é o Ensino Superior. Sete dos dez artigos que comentam sobre ela são desse nível. Destaca-se, ainda, o uso em cursos de Engenharia. O ensino médio ocupa o segundo lugar, com dois artigos. Ensino fundamental e educação infantil não possuem pesquisas. Um dos trabalhos trata sobre educação profissionalizante. A Figura 7 apresenta o gráfico com a porcentagem de artigos em cada nível de ensino.

Figura 7 – Número de artigos em cada nível do ensino



Fonte: Autores, 2021

5 Conclusões

Este trabalho revisou os usos de tecnologias da Indústria 4.0 para a Educação 4.0, definindo a mais relevante, seus benefícios e o nível de ensino em que está mais presente. Para a teoria, o artigo contribui com o mapeamento do cenário da Educação na era da Quarta Revolução Industrial, especialmente no que se refere à utilização de Realidade Aumentada. Para as instituições de ensino, o trabalho fornece uma base de informações sobre os usos das tecnologias e evidencia a necessidade de adaptação do aprendizado, de modo a engajar mais os estudantes. Dessa forma, as organizações receberão profissionais capacitados e habituados aos novos recursos utilizados no mercado de trabalho.

A partir da análise e leitura dos artigos selecionados, percebe-se que a tecnologia da Indústria 4.0 mais utilizada na Educação 4.0 é a Realidade Aumentada. Seus benefícios incluem, por exemplo, uma maior imersão nos conteúdos e uma redução de custos e

riscos. Além disso, seu uso contribui para o desenvolvimento de competências consideradas cruciais para o futuro do mercado de trabalho, como criatividade e capacidade de resolução de problemas. Observa-se que a AR, juntamente com a VR e a Simulação, são os recursos que participam mais efetivamente no aprendizado. Outras, como *Big Data* e Computação em Nuvem oferecem um suporte para que o processo de ensino seja executado da melhor maneira possível.

O ensino superior é onde a Realidade Aumentada é mais utilizada. Entretanto, espera-se que, não só a AR, mas toda a Educação 4.0, não fique restrita aos cursos de Engenharia e às universidades. Dessa maneira, para trabalhos futuros, sugerimos pesquisas sobre seus usos na educação infantil e no ensino fundamental. Ela é muito proveitosa em todos os níveis, já que, mais do que apoiar o aprendizado, é essencial para manter o engajamento de estudantes que não estão mais motivados com o ensino tradicional.

Referências

Aliyu, F., & Talib, C. A. (2020). Integration of augmented reality in learning chemistry: A pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals. **Journal of Critical Reviews**, 7(7), 854-859. Doi: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.07.155>

Benešová, A., & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, 11, 2195-2202. Doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.366

Butt, R., Siddiqui, H., Soomro, R. A., & Asad, M. M. (2020). Integration of Industrial Revolution 4.0 and IOTs in academia: a state-of-the-art review on the concept of Education 4.0 in Pakistan [Review]. **Interactive Technology and Smart Education**, 17(4), 337-354. <https://doi.org/10.1108/ITSE-02-2020-0022>

Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2019). Aligning Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0. **Procedia Computer Science**, 158, 99-106. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.032>

Collins, A., & Halverson, R. (2010). The second educational revolution: Rethinking education in the age of technology. **Journal of Computer Assisted Learning**, 26(1), 18-27. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00339.x>

Cugno, M., Castagnoli, R., & Büchi, G. (2021). Openness to Industry 4.0 and performance: The impact of barriers and incentives. **Technological Forecasting and Social Change**, 168, Article 120756. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120756>

Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C., & Soares, A. L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. **Journal of High Technology Management Research**, 30(2), Article 100355. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.hitech.2019.100355>

Ellahi, R. M., Ali Khan, M. U., & Shah, A. (2019). Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. **Procedia Computer Science**, 151, 699-708. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.093>

Escaño, C. (2010). Towards an art education 4.0. **Arte, Individuo y Sociedad**, 22(1), 135-144.

Fisk, P. (2017, January 24). Education 4.0 ... the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life [Article]. Retrieved from:

<https://www.peterfisk.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>

Gohr, C. F., Santos, L. C., Gonçalves, A. M. C., & Pinto, N. O. (2013). Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 33.

Keele, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (Vol. 5). **Technical report**, Ver. 2.3 *EBSE Technical Report*. EBSE.

Kipper, L. M., Iepsén, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenu, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. **Technology in Society**, 64, Article 101454. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. **PLoS Medicine**, 6(7), Article e1000100.

Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., & Bano, M. (2021). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. **Journal of Computer Assisted Learning**, 37(1), 1-23. Doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12505>

Luo, H., Li, G., Feng, Q., Yang, Y., & Zuo, M. (2021). Virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the literature from 2000 to 2019. **Journal of Computer Assisted Learning**, 37(3), 887-901. Doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12538>

Maier, J. (2017). Made smarter review (2017). **Department for Business EIS. The Stationery Office**. London.

Majid, N. A. A., & Majid, N. A. (2018b). Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning. **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, 8(4-2), 1494-1500. Doi: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.4-2.6801>

McInnes, M. D., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Bossuyt, P. M., Clifford, T., ... & Willis, B. H. (2018). Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies: the PRISMA-DTA statement. **JAMA - Journal of the American Medical Association**, 319(4), 388-396.

McInnes, M. D. F., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Bossuyt, P. M., Clifford, T., Cohen, J. F., Deeks, J. J., Gatsonis, C., Hooft, L., Hunt, H. A., Hyde, C. J., Korevaar, D. A., Leeflang, M. M. G., Macaskill, P., Reitsma, J. B., Rodin, R., Rutjes, A. W. S., Salameh, J. P., Stevens, A., Takwoingi, Y., Tonelli, M., Weeks, L., Whiting, P., Willis, B. H., & Group, P.-D. (2018). Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies The PRISMA-DTA Statement. **JAMA - Journal of the American Medical Association**, 319(4), 388-396. Doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.19163>

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, 4(1), 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>

Mourtzis, D. (2018). Development of skills and competences in manufacturing towards education 4.0: A teaching factory approach. **Lecture Notes in Mechanical**

Engineering (Vol. 0, pp. 194-210): Pleiades Publishing. Doi:

https://doi.org/10.1007/978-3-319-89563-5_15

Mourtzis, D., Siatras, V., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2020). An Augmented Reality Collaborative Product Design Cloud-Based Platform in the Context of Learning Factory. **Procedia Manufacturing**, 45, 546-551. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.076>

Mourtzis, D., Vasilakopoulos, A., Zervas, E., & Boli, N. (2019). Manufacturing System Design using Simulation in Metal Industry towards Education 4.0. **Procedia Manufacturing**, 31, 155-161. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.024>

Mourtzis, D., Vlachou, E., Dimitrakopoulos, G., & Zogopoulos, V. (2018). Cyber-Physical Systems and Education 4.0 –The Teaching Factory 4.0 Concept. **Procedia Manufacturing**, 23, 129-134. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>

Parmaxi, A., & Demetriou, A. A. (2020). Augmented reality in language learning: A state-of-the-art review of 2014–2019. **Journal of Computer Assisted Learning**, 36(6), 861-875. Doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12486>

Silva, E. C., Viana, H. B., & de Barros Vilela, G. (2020). Active methodologies in a professional technical school. **Revista Portuguesa de Educação**, 33(1), 158-173. Doi: <https://doi.org/10.21814/RPE.18473>

Sonntag, D., Albuquerque, G., Magnor, M., & Bodensiek, O. (2019). Hybrid learning environments by data-driven augmented reality. **Procedia Manufacturing**, 31, 32-37. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.006>

Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. **Procedia CIRP**, 52, 12-17. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>

Zarte, M., & Pechmann, A. (2020). Implementing an Energy Management System in a Learning Factory – A Project-Based Learning Approach. **Procedia Manufacturing**, 45, 72-77. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.068>