

O Estado da Arte sobre a Indústria 4.0: Uma Busca por Contribuições na Área de Ensino e Aprendizagem

Andressa B. Ferreira, Samuel L. S. de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
(IFCE) – Ceará - Brasil

{andressa.ferreira, samuel.oliveira}@ifce.edu.br

Resumo. Nos últimos anos, a Indústria 4.0 tem atraído atenção em pesquisas acadêmicas e científicas. Nesse contexto, um tipo específico de estudo tem se popularizado na disseminação do conhecimento: as revisões sistemáticas da literatura, cujo objetivo é sintetizar o corpo completo de trabalhos existentes sobre um tema específico. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo investigar o estado da arte das revisões sistemáticas da literatura sobre a Indústria 4.0, nos últimos cinco anos. O objetivo é buscar em tais estudos contribuições para a área de ensino e aprendizagem. O protocolo adotado nesta pesquisa retornou inicialmente 2.430 artigos. Após aplicar critérios de inclusão e exclusão, bem como avaliar a qualidade dos trabalhos, apenas 8 deles abordam questões ou desafios sobre ensino e aprendizagem. A maioria dos estudos avaliados destaca a necessidade de introduzir e aprimorar, por meio do ensino, habilidades fundamentais para o advento da Indústria 4.0. Espera-se, com esta pesquisa, mostrar a importância e oportunidades de trabalho nesta área.

Palavras-chave: Revisão sistemática, Indústria 4.0, Ensino, Aprendizagem

Abstract. In the last few years, Industry 4.0 has attracted attention in academic and scientific research. In this context, a specific type of study has been popular in the dissemination of knowledge: systematic literature reviews, whose objective is to synthesize the complete body of existing works on a specific topic. Therefore, this research aims to investigate the state of art of systematic literature reviews on Industry 4.0, in the last five years. The goal is seeking in such studies contributions to the area of teaching and learning. The protocol adopted in this research initially returned 2,430 articles. After applying inclusion and exclusion criteria, as well as evaluating the quality of the works, only 8 of them address issues or challenges about teaching and learning. Most of the studies evaluated highlight the need to introduce and to improve, through teaching, fundamental skills for the advent of Industry 4.0. It is expected, with this research, to show the importance and opportunities of work in this area.

Keywords: Systematic review, Industry 4.0, Teaching, Learning

1. Contextualização

A Indústria 4.0 (4iR), também chamada de Quarta Revolução Industrial, pode ser formalmente

definida como um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem (Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020) (Bajic et al 2021) (Maisiri et al 2021).

De acordo com (Rodrigues, Queiroga & Milhossi, 2022) (Peres et al 2020), o objetivo da 4iR é coletar e avaliar dados das máquinas deixando os processos cada vez mais ágeis e eficientes, de forma a produzir com maior qualidade e um custo reduzido. Diante disso, os autores indicam que, avanços nas áreas de Tecnologia da Informação e Engenharia são pontos essenciais para o seu desenvolvimento. Para (Yusuf, Walters & Sailin, 2020), as tecnologias 4iR irão moldar o futuro e facilitar economicamente a vida das pessoas. Segundo os autores, tal fato implicará não apenas em mudanças sociais, mas também nas formas de ensinar e aprender.

Ao olharmos para as revoluções industriais anteriores, é possível identificar impactos e/ou relações entre as mesmas e a área de ensino e aprendizagem. São exemplos: A Primeira Revolução industrial foi marcada pela introdução de novos programas educacionais, bem como a criação de diversos programas de graduação. A Segunda Revolução Industrial, por sua vez, buscou tornar o ensino e a aprendizagem algo acessível para as classes industriais, os chamados filhos da labuta. Por fim, a Terceira Revolução Industrial foi formada em torno das tecnologias web, sendo uma das suas maiores consequências a educação online (Yusuf, Walters & Sailin, 2020). Diante de tal contexto, surge como questão de pesquisa: Quais as relações, impactos e/ou contribuições que a 4iR gera para a área de ensino e aprendizagem?

Para responder a este questionamento, um tipo específico de estudo será considerado nesta pesquisa: as Revisões Sistemáticas de Literatura (RSL). Segundo (Kitchenham e Charters, 2007), uma RSL é um método para identificar, avaliar e interpretar todos os estudos relevantes para uma questão de pesquisa particular. RSLs são consideradas um tipo de estudo secundário, pois agregam resultados de estudos primários, os quais podem ser experimentos controlados, estudos de casos ou *surveys*.

Diferentemente de revisões informais da literatura, uma RSL é composta de três fases bem definidas: planejamento, execução e resultados. Assim, essa metodologia possibilita que os leitores possam acessar seu rigor e completude, possibilitando também sua repetitividade. Existem várias vantagens em utilizar RSL em uma determinada área de pesquisa: sumarizar evidências existentes sobre um fenômeno ou tecnologia; identificar lacunas em pesquisas atuais a fim de sugerir trabalhos para pesquisas futuras; e prover uma estrutura para a atividade de pesquisa (Kitchenham e Charters, 2007).

Diante desse contexto, o objetivo geral desta pesquisa é investigar RSLs sobre tecnologias da indústria 4.0 com o intuito de identificar relações com a área de ensino e aprendizagem. Para tanto, será realizado neste trabalho também uma RSL. Espera-se com tal investigação avançar na construção do estado da arte nesse contexto de pesquisa, descobrir contribuições e/ou tendências entre as áreas mencionadas e, se possível, apontar lacunas inerentes ao desenvolvimento desse campo de estudo.

2. Metodologia

Conforme mencionado na Seção 1, esta pesquisa trata-se de uma RSL que investiga outras RSLs. Por isso, se faz necessário identificar claramente o objetivo deste estudo. Nesta pesquisa, o objetivo é descobrir, em revisões literárias sistemáticas, contribuições, relações e/ou impactos entre as chamadas Tecnologias 4.0 e a área de ensino e aprendizagem.

Uma vez identificado o objetivo, para dar seguimento em uma RSL, uma série de passos

precisam ser executados. São eles: O planejamento do protocolo a ser seguido para a execução da revisão, a seleção e exclusão de estudos considerados relevantes ou não para o objetivo do estudo, a extração sistemática de informações de cada trabalho selecionado, a avaliação da qualidade de cada pesquisa, bem como uma síntese de seus resultados. Apenas como tais informações em mãos, é possível descrever, com princípio e rigor, o conhecimento extraído de tais estudos. Cada um dos passos mencionados é apresentado em detalhes nas subseções a seguir.

2.1 Planejamento do Protocolo

De acordo com (Okoli, 2015), em toda e qualquer revisão sistemática é necessário esclarecer qual procedimento deverá ser seguido para condução da mesma. Desse modo, para garantir a consistência na execução, é fundamental especificar quais bases de busca serão consideradas na pesquisa e quais palavras-chave (ou *String* de Busca) serão utilizadas.

Para esta revisão, em específico, as bases de busca consideradas foram: IEEEExplore¹, ScienceDirect² e Scopus³. Logo, qualquer pesquisador interessado em reproduzir os resultados obtidos aqui, deverá empenhar seus esforços em tais bases. Considera-se relevante mencionar que as bases de busca foram investigadas e utilizadas ao longo do mês de abril de 2022. Desse modo, trabalhos publicados após esta data não se encontram entre aqueles avaliados e referenciados nesta pesquisa.

Uma vez definidas as bases, também faz parte do planejamento do protocolo, a elaboração da *String* de Busca a ser utilizada na pesquisa. Neste trabalho, foi utilizada a seguinte *string*:

(SYSTEMATIC LITERATURE OR REVIEW OR REVIEWS OR SURVEY) AND(4.0 OR 4iR OR INDUSTRY 4.0 OR TECHNOLOGY 4.0)

O intuito de tal *string* é garantir que, ao buscar nas bases, serão retornadas as revisões de literatura que abordam a temática de tecnologia 4.0.

2.2 Seleção

Conhecida como Seleção, esta etapa consiste em tornar explícito quais critérios serão determinantes para a escolha ou exclusão de um trabalho ao longo do processo da pesquisa. Para esta pesquisa, são considerados como critérios de inclusão: Ser publicado entre os anos de 2017 a 2022; Ser publicado em jornal; Estar escrito em língua inglesa. São critérios de exclusão:

- Não fazer nenhuma menção a tecnologias 4.0 em seu título, abstract ou palavras-chave; Não fazer nenhuma menção a revisão literária ou *survey* em seu título, abstract ou palavras-chave; Não estar disponível na íntegra.

Nesta pesquisa, a execução do planejamento e seleção ocorreu de modo a, inicialmente, aplicar a *substring* (SYSTEMATIC LITERATURE OR REVIEW OR REVIEWS OR SURVEY). O intuito desta primeira parte da busca foi coletar as revisões literárias sistemáticas, ou *surveys*, das bases de busca pré-determinadas.

Uma vez coletados os trabalhos, foi necessária a aplicação da segunda parte da *substring* (4.0 OR 4iR OR INDUSTRY 4.0 OR TECHNOLOGY 4.0), sobre os resultados obtidos. O intuito desta aplicação é garantir que o conjunto de trabalhos retornados pelas bases trata-se não apenas de

revisões literárias, mas também de tecnologias 4.0. Com isso, foram obtidos 2.430 trabalhos de pesquisa.

Tais trabalhos foram filtrados de modo a refletir os critérios de inclusão e exclusão mencionados anteriormente nesta seção. Além disso, eventuais duplicatas foram removidas dos resultados. Após isso, um conjunto de 8 trabalhos de pesquisa foi selecionado para leitura integral e posterior avaliação.

2.3 Extração

Concluídas as etapas de planejamento e seleção, é possível fazer a extração. Tal etapa consiste em extrair sistematicamente informações de cada trabalho selecionado para avaliação integral. É relevante mencionar que, em tal etapa, é possível identificar que algum ou alguns dos trabalhos não esteja em conformidade com o objetivo da pesquisa. Caso tal situação ocorra, é aconselhado excluir o mesmo.

Nesta pesquisa, dentre outras informações relevantes, foram extraídos de cada trabalho o seu objetivo, questão de pesquisa, metodologia, principais resultados, bem como suas limitações. Tais informações estão sintetizadas no Quadro 1. No entanto, antes de apresentar tal quadro, é necessário reportar aspectos relevantes da avaliação e síntese desta revisão.

2.4 Avaliação e Síntese

De acordo com (Okoli, 2015), em uma revisão sistemática, é necessário declarar explicitamente os critérios utilizados para julgar quais artigos serão descartados por qualidade insuficiente. Nesta pesquisa, apenas 1 dos 8 trabalhos foi excluído, referenciado por (Erlyani e Suhariadi, 2021).

Tal exclusão se deu pelo fato de que, ao realizar a leitura na íntegra, foi possível notar que o trabalho não aborda nenhuma tecnologia da indústria 4.0, apenas cita tal área como exemplo, de modo breve e superficial. Diante disso, o Quadro 1, com a síntese dos estudos analisados nesta revisão, contém apenas 7 trabalhos.

Ao mencionarmos o termo síntese, fazemos referência ao que (Okoli, 2015) trata como a combinação dos fatos extraídos dos estudos lidos integralmente. Nesta pesquisa, tal combinação se deu por meio da coleta de informações qualitativas e quantitativas presentes em cada estudo. Tais informações estão sintetizadas no Quadro 1. Em suma, elas versam desde o objetivo e questão de pesquisa de cada trabalho, passando pelo detalhamento do protocolo seguido em sua RSL, até uma breve síntese de suas contribuições e limitações.

¹ <https://ieeexplore.ieee.org/>

² <https://www.sciencedirect.com/>

³ <https://www.scopus.com/home.uri>

Quadro 1: Síntese dos trabalhos

Trabalho	Objetivo	Questão de Pesquisa	Protocolo de Busca	Extração de Dados	Principais Descobertas e/ou Contribuições
<p><i>Trends in engineering education for additive manufacturing in the industry 4.0 era: a systematic literature review</i></p> <p>(Motyl e Filippi, 2021)</p>	<p>Investigar o estado atual da divulgação de práticas educativas relacionadas com a formação de jovens engenheiros sobre manufatura aditiva.</p>	<p>Quais são as estratégias educacionais adotadas em nível universitário, na formação de jovens engenheiros, que envolvem o uso de técnicas de Manufatura Aditiva ou impressão 3D em geral?</p>	<p>Bases: Scopus String: (industry 4.0 AND 3dprinting OR additive manufacturing) AND engineering AND education Intervalo aplicado: 2012 a 2020</p>	<p>O protocolo retornou 256 documentos. Após critérios de inclusão e exclusão: 30 foram selecionados para leitura completa.</p>	<p>Identificação de um forte interesse em melhorar a formação dos estudantes de engenharia através da introdução de cursos ou workshops dedicados a disciplinas da Indústria 4.0, em particular à melhoria da fabricação e à utilização e aprofundamento das técnicas de manufatura aditiva.</p>
<p><i>Preparing Graduates with Digital Literacy Skills Toward Fulfilling Employability Need in 4IR Era: A Review</i></p> <p>(Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020)</p>	<p>Revisar e sintetizar as expectativas do empregador em relação às habilidades digitais entre os graduados e instituições de ensino para se tornarem competitivos e comercializáveis para atender às necessidades de empregabilidade na era 4IR.</p>	<p>Quais são as expectativas entre os empregadores que os alunos precisam cumprir? Como a instituição prepara seus alunos com alfabetização digital antes de se formar? Como os alunos podem ficar mais motivados para melhorar sua alfabetização digital?</p>	<p>Bases de busca: Scopus, Science Direct, and Web of Science. String de busca: (“digital literacy” OR “technology literacy” OR “computer literacy” OR “information literacy”) AND (“employability”). Intervalo aplicado: 2016 a 2020</p>	<p>O protocolo retornou 365 documentos. Foram aplicados os critérios de exclusão e inclusão, resultando em 5 artigos para leitura completa.</p>	<p>O foco ao enfrentar a era 4IR é o reconhecimento das instituições de ensino de que as mesmas desempenham um papel essencial na preparação e desenvolvimento de habilidades e conhecimentos dos alunos para atender a demanda dos players industriais.</p>
<p><i>Restructuring Educational Institutions for Growth in the Fourth Industrial Revolution (4IR): A Systematic Review</i></p> <p>(Yussuf, Walters & Sailin, 2020)</p>	<p>I. Enfocar a necessidade de fortalecer as instituições de ensino para a Indústria 4.0. II. Oferecer uma visão sobre a convergência da educação com 4IR. III. Explicar os elementos do sistema educacional. IV. Enfatizar a orquestração de salas de aula em tempo real.</p>	<p>Como a oferta de educação será/poderá ser realizada e como as instituições de ensino serão reestruturadas pelo 4IR para preparar alunos para os desafios futuros?</p>	<p>O artigo não apresenta seu protocolo de busca e/ou planejamento.</p>	<p>O artigo não apresenta seu protocolo de extração e/ou seleção.</p>	<p>Os sistemas educacionais devem ser menos avessos ao risco, especialmente na era dos 4IR. Não há necessidade de continuar fazendo as coisas à moda antiga. É necessário a aceitação da mudança e a inovação é uma obrigação e um pré-requisito para a aquisição de habilidades e sobrevivência em um ambiente competitivo e novo como o 4IR.</p>

<p><i>Immersive Virtual Reality for Foreign Language Education: A PRISMA Systematic Review</i></p> <p>(Peixoto et al 2021)</p>	<p>Identificar recursos, métodos educacionais, tecnologias e lacunas da realidade virtual imersiva para o ensino de línguas estrangeiras e segundas</p>	<p>Qual a relação e/ou impacto entre o uso de realidade virtual imersiva (iVR) e aprendizagem de línguas estrangeiras?</p>	<p>Bases de busca: Scopus, Web of Science, ACM Digital Library, Mary Ann Liebert, IEEE Xplorer e SpringerLink.</p> <p>String de busca: apresentada no artigo e, por ser grande, não foi replicada aqui.</p> <p>Intervalo aplicado: até 2021</p>	<p>O protocolo retornou 1042 documentos. Foram aplicados os critérios de exclusão e inclusão, resultando em 4 artigos para leitura completa.</p> <p>Descoberta de impacto positivo e melhoria da aprendizagem dos alunos com o uso de iVR. Além disso, a aponta que a satisfação e eficácia do corpo discente são significativamente mais altas; não apenas nas habilidades linguísticas do aluno, mas também em suas habilidades cognitivas.</p>
<p><i>Ethics in Engineering Education 4.0: The Educator's perspective</i></p> <p>(Swartz, 2021)</p>	<p>Expandir uma revisão de literatura publicada anteriormente que examinou teoricamente até que ponto a ética foi considerada durante o processo de formação de engenheiros em tempos contemporâneos.</p>	<p>Quais são as implicações éticas do uso da tecnologia ao ensinar estudantes de engenharia?</p>	<p>Este trabalho apresenta um <i>survey</i> que incluiu oito questões da escala <i>likert</i>, foi usado para coletar dados quantitativos, e dez perguntas abertas, usadas para coletar dados qualitativos do corpo docente da Faculdade de Engenharia da UoT.</p> <p>A análise dos dados ocorreu de fevereiro a março de 2021.</p>	<p>Os achados deste estudo foram consistentes com os achados do estudo precursor e a recomendação deste estudo é que uma série de workshops seja realizada para desenvolver diretrizes de ética e estabelecer as melhores práticas éticas para ajudar os educadores de engenharia a assegurar a qualidade do ensino de engenharia online.</p>
<p><i>The Effects of Technological Developments on Work and Their Implications for Continuous Vocational Education and Training: A Systematic Review</i></p> <p>(Beer & Mulder, 2020)</p>	<p>Fornecer uma visão geral dos efeitos do desenvolvimento tecnológico sobre as características de trabalho e derivar as implicações disto para as demandas de educação profissionalizante.</p>	<p>Quais são os efeitos das novas tecnologias sobre as características de trabalho?</p> <p>Quais são as implicações disto para educação e formação profissional contínua?</p>	<p>Bases de busca: Web of Science e Google Scholar</p> <p>String de busca: apresentada no artigo em uma tabela que, por ser grande, não foi replicada aqui.</p> <p>Intervalo aplicado: 1990 a 2019</p>	<p>O protocolo retornou 1617 documentos. Foram aplicados os critérios de exclusão e inclusão, resultando em 2 artigos para análise completa.</p> <p>Evidências indicam um aumento da complexidade e do trabalho mental com o uso de sistemas automatizados e robôs.</p> <p>As implicações para as demandas de educação e ensino incluem: ampliar conhecimentos sobre tecnologia, dar maior abertura para mudanças e novas uso de novas tecnologias, melhorar as habilidades para autogestão e gestão do tempo.</p>
<p><i>Industry 4.0: A survey on Technologies, applications and open research issues</i></p> <p>(Lu, 2017)</p>	<p>Apresentar uma revisão sistemática sobre Indústria 4.0 abordando uma visão geral da área, sua relevância, aplicação e desafios.</p>	<p>Qual o estado da arte sobre Indústria 4.0?</p>	<p>Bases de busca: Web of Science e Google Scholar</p> <p>String de busca: Industry 4.0</p> <p>Intervalo aplicado: 2011 a 2016</p>	<p>O protocolo retornou 103 documentos. Foram aplicados os critérios de exclusão e inclusão, resultando em 8 artigos para análise completa.</p> <p>Como principal contribuição narrada pelos autores, encontra-se a apresentação de um <i>survey</i> em andamento sobre o estado da arte em indústria 4.0.</p>

Como é possível perceber pelo conteúdo exposto no Quadro 1, as pesquisas apontam, em sua maioria, a necessidade de formação profissional e capacitação para docentes e discentes quanto ao advento das tecnologias 4.0. Além disso, os trabalhos apontam que tais necessidades estão presentes desde o nível técnico até o nível universitário. É visível também a preocupação presente na literatura quanto a urgência de mudanças para a inserção e destaque de novas competências educacionais associadas as tecnologias 4.0.

Segundo (Motyl e Fillippi, 2021), a literatura analisada em sua revisão aponta que o advento da 4iR implica uma transformação nos papéis de trabalho, sobretudo o trabalho técnico, e destaca a necessidade de introduzir, por meio do ensino, novas competências em tais profissionais. Tal pensamento corrobora com a revisão de (Yussuf, Walters e Sailin, 2020), que afirmam que os sistemas educacionais devem ser menos avessos ao risco, especialmente na era dos 4iR, destacam que não há a necessidade de continuar fazendo as coisas à moda antiga e de que é fundamental a aceitação da mudança e a inovação no ambiente de ensino para a aquisição de habilidades e sobrevivência em um ambiente competitivo e novo como o da 4iR.

Ainda no contexto do ensino, (Swartz, 2020) alerta que pesquisas futuras devem ser dedicadas a área de ensino de engenharia com o intuito de melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem por meio da adoção de (novas) tecnologias e abordagens pedagógicas.

Sobre tais abordagens, (Beer e Mulder, 2020) destacam a necessidade de que as mesmas devem fazer parte do conteúdo das formações educacionais e que os professores/formadores devem ser orientados e preparados para promover as demandas de trabalho da 4iR. No entanto, não há informações sobre como sanar tal necessidade. Nesse cenário, (Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020) e (Lu, 2017) adverte para a exigência de que todas as partes interessadas, incluindo estudantes, instituições acadêmicas e players do setor, estejam prontas para enfrentar a tecnologia em constante mudança e busque formas de fazer as coisas com uma forte vontade de aprender e reaprender. No entanto, não há demonstrações de como isso pode ser alcançado.

3 Discussão

Conforme mencionado nas Seções 1 e 3, é crescente o interesse pela temática das tecnologias da indústria 4.0. Ao analisarmos o conjunto inicial de 2.430 revisões sistemáticas sobre o tema, publicadas entre os anos de 2017 a 2022, podemos perceber uma tendência quantitativa de aumento ao longo do tempo. Ao olharmos para os 603 trabalhos filtrados (apenas aqueles publicados em *journal*, em língua inglesa e sem duplicatas), percebemos que tal tendência se comprova, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2.

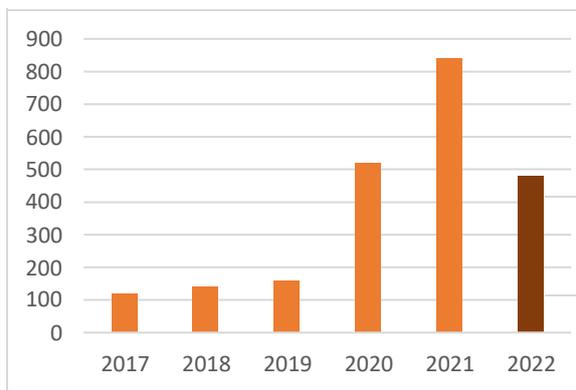


Figura 1: 2430 revisões distribuídas por ano

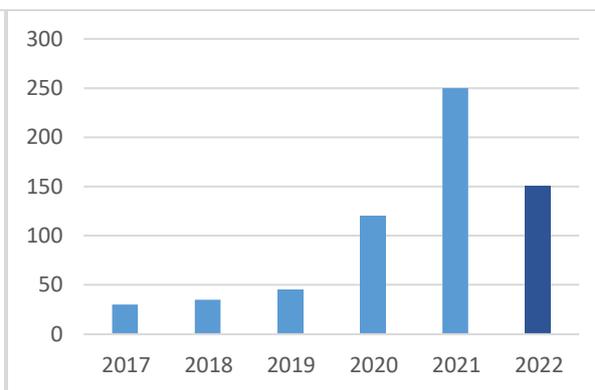


Figura 2: 603 revisões distribuídas por ano

Aos forcamos nossos esforços nos trabalhos analisados integralmente e apresentados no Quadro 1, podemos perceber que 4 (quatro) deles trata-se de RSLs replicáveis, 2 (dois) deles são consideradas RSLs não replicáveis e 1 (um) é um *survey* (Figura 3).

Nesta pesquisa, um trabalho é classificado como RSL não replicável se o mesmo se apresenta como RSL mas não indica qual o seu protocolo metodológico (i.e., não apresenta suas bases de busca e/ou *string* de pesquisa, intervalo de tempo ou artigos selecionados).

Aqueles classificados como RSLs

replicáveis, são os que se apresentam como RSL e introduzem em seu escopo todas as informações necessárias à sua replicação. Tal característica é considerada de extrema importância para o rigor e relevância dos resultados aqui apresentados. Considerando tais trabalhos, é possível perceber uma variedade considerável de bases de busca utilizadas nos mesmos (Figura 4), sendo as bases *Web of Science* e *Scopus* as mais populares. Em relação ao intervalo de tempo adotado em cada RSL (Quadro 2), podemos ver que os resultados aqui expressos refletem pesquisas que vão desde o início dos anos 90 até o ano 2021. Logo, considera-se que as informações apresentadas aqui englobam, de modo direto ou indireto, os últimos 31 anos de pesquisas.

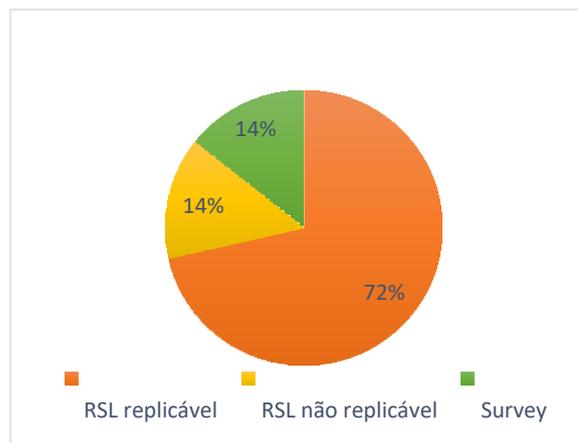


Figura 3: Classificação dos trabalhos analisados integralmente

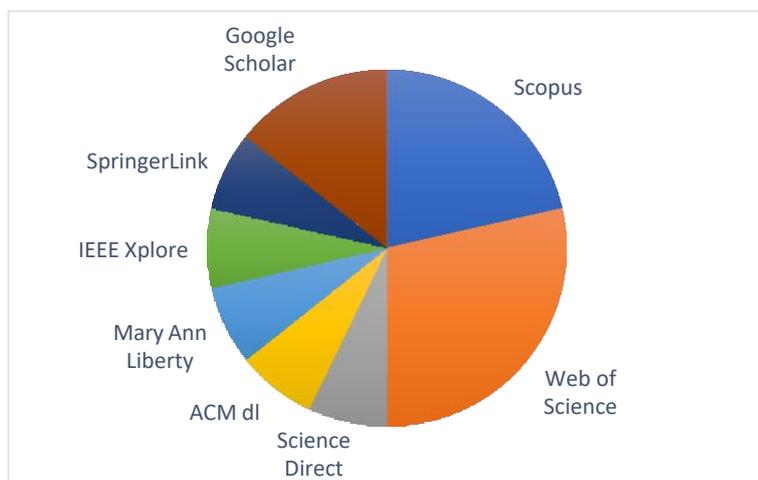


Figura 4: Bases de busca das RSLs

Quadro 2: Intervalo de tempo das RSLs

Referência	Ano inicial	Ano final
(Peixoto et al 2021)	1990	2021
(Beer & Mulder, 2020)	1990	2019
(Lu, 2017)	2011	2016
(Motyl & Filippi, 2021)	2012	2020
(Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020)	2016	2020

Outro elemento relevante nas RSLs e que são essenciais ao objetivo desta pesquisa, é a conformidade entre a *string* de busca delas e a questão de pesquisa aqui presente. Onde, todas elas apresentam diretamente o termo Indústria 4.0 ou sinônimos, bem como termos relativos ao ensino e/ou formação discente e/ou docente.

Diante de tal contexto, considera-se que as informações extraídas de tais pesquisas permitem a identificação de indícios capazes de fomentar a elaboração de uma possível resposta para nosso problema de pesquisa: Quais as relações, impactos e/ou contribuições que a 4iR gera para a área de ensino e aprendizagem?

São eles: 1) A 4iR implica em mudanças nas formas de ensinar e aprender e, por isso, é necessário que as instituições de ensino percebam, apliquem e não se mantenham avessas a tais modificações (Lu, 2017) (Motyl & Fillipi, 2021); 2) É necessário capacitar professores e/ou formadores para que os mesmos sejam capazes de promover a importância das novas demandas da 4iR (Beer & Mulder, 2020)(Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020) (Motyl & Fillipi, 2021); 3) Com o advento da 4iR, é necessário introduzir, por meio do ensino, novas competências e habilidades necessárias aos profissionais que irão atuar em tal contexto (Khuraisah, Khalid & Husnin, 2020) (Motyl & Fillipi, 2021) e 4) Incluir Realidade Virtual Aumentada em salas de aula, uma vez que existem fortes indícios de que a mesma é um facilitador do processo de ensino e aprendizagem (Peixoto et al 2020).

Além disso, considera-se relevante mencionar que os estudos aqui apresentados destacam novas questões ainda não respondidas e necessárias ao avanço da 4iR. Dentre as quais, podemos citar: Como melhorar os mentores virtuais para os alunos? Como oferecer oportunidades para salas de aula conectadas? Como levar o aprendizado para fora das fronteiras das salas de aula?

Por fim, considera-se relevante mencionar que as informações extraídas das RSLs não replicáveis e do *survey* presente no Quadro 1, corroboram com as demais aqui já expostas. São exemplos: 1) A recomendação da criação de workshops específicos para capacitação em ensino de Engenharia na era do 4iR (Swartz, 2021) e 2) A orientação de que pesquisas futuras devem buscar formular novas abordagens pedagógicas aplicáveis na 4iR (Yussuf, Walters & Sailin, 2020) (Swartz, 2021).

4 Considerações Finais

Neste trabalho de pesquisa foi realizada uma RSL com o intuito de identificar contribuições, relações e/ou oportunidades entre as áreas de Indústria 4.0, Ensino e Aprendizagem entre os anos de 2017 a 2022. Tal RSL foi aplicada nas bases de busca *IEEEExplore*, *Science Direct* e *Scopus*. Dos 2.430 trabalhos identificados inicialmente, 603 indicaram especial relação com o objetivo deste estudo e 8 deles se mostraram altamente relevantes para análise integral.

Uma vez analisados integralmente, os trabalhos discutidos nesta pesquisa indicam, dentre outros fatores, que a 4iR implica sim em mudanças nas instituições de ensino de modo que as mesmas sejam capazes de: I) preparar seus estudantes com novas competências necessárias a tal revolução, II) capacitar professores para tal advento e III) promover o fato de que mudanças nas instituições e formas de ensino são necessárias para melhor preparar os profissionais que atuarão neste mercado.

Diante disso, considera-se que o método RSL aqui desenvolvido é promissor, pois nos permitiu identificar indícios de tendências e correlações das linhas de pesquisa investigadas, durante o intervalo de tempo estabelecido. Neste contexto, destacam-se algumas perspectivas de trabalhos futuros derivados deste estudo, são elas: 1) Incluir novas bases de busca, com o objetivo de identificar novos trabalhos que permitam tornar a pesquisa e seus resultados mais robustos; 2) Expandir os critérios de inclusão, de modo a conter trabalhos escritos em outras línguas que não apenas a inglesa; 3) Ampliar a RSL, de modo a conter na mesma não apenas outros trabalhos de RSL, com o intuito de identificar se os novos resultados obtidos corroboram com aqueles aqui apresentados e/ou se demonstram outras tendências e relações aqui não especificadas.

REFERÊNCIAS

- Bajic B., Rikalovic A., Suzic N. & Piuri V., **Industry 4.0 Implementation Challenges and Opportunities: A Managerial Perspective**, in *IEEE Systems Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 546-559, March 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.3023041.
- Beer P., Mulder R. H.; **The Effects of Technological Developments on Work and Their Implications for Continuous Vocational Education and Training: A Systematic Review**; *Frontiers in Psychology* ; Vol 11:918; 2020.

- Benesova A., Tupa J., **Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0**. *Procedia Manufacturing*, v. 11, p. 2195-2202, 2017.
- Buhr D., **Social innovation policy for Industry 4.0**. Friedrich-Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies, 2015.
- Edwards P, Ramirez P. **When should workers embrace or resist new technology?** *New technology, work and employment*, v. 31, n. 2, p. 99-113, 2016.
- Erlyani N., Suhariadi F.; **Literature Review: Readiness to Change at the University**; *Journal of Medical Science*; Vol 9:464-469; 2021.
- Hecklau F. t al. **Holistic approach for human resource management in Industry 4.0**. *Procedia CIRP*, v. 54, p. 1-6, 2016.
- Kagermann H., Wahlster W., Helbig, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Final Report, Acatech, 2013.
- Khuraisah MN., Khalid F., Husnin H.; **Preparing Graduates with Digital Literacy Skills Toward Fulfilling Employability Need in 4IR Era: A Review**; *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 11, No. 6; 2020.
- Kitchenan, B. A.; Charters S. **Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report. EBSE-2007-01, Keele University; 2007.
- Lu Y.; **Industry 4.0: A survey on Technologies, applications and open research issues**; *Journal of Industrial Information Integration*; V. 6: 1-10; 2017.
- Maisiri W, van Dyk L. & Coetzee R., **Development of an industry 4.0 competency maturity model**, in *SAIEE Africa Research Journal*, vol. 112, no. 4, pp. 189-197, Dec. 2021.
- Motyl B., Filippi S.; **Trends in engineering education for additive manufacturing in the industry 4.0 era: a systematic literature review**; *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 15:103–106; 2021.
- Okoli C., **A Guide to Conduct a Standalone Systematic Literature Review**. *Communications of the Association for Information Systems*. Atlanta. Vol 37, n 43, p.879-910; 2015.
- Peixoto B., Pinto R., Melo M., Cabral L., Bessa M.; **Immersive Virtual Reality for Foreign Language Education: A PRISMA Systematic Review**; *IEEE Access*; 2021.
- Peres R. S., Jia X., Lee J., Sun K., Colombo A.W. & Barata J., **Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook**, in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 220121-220139, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042874.
- Rodrigues, L. C., de Queiroga, A. P. G., & Milhossi, J. F.; **Indústria 4.0 e a transformação digital / Industry 4.0 and digital transformation**; *Brazilian Journal of Development*, 8(2), 14093–14101; 2022.
- Schwab, K., **The Fourth Industrial Revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016.
- Swartz B.; **Ethics in Engineering Education 4.0: The Educator's perspective**; *SAIEE Africa Research Journal*; 112(4), 181-188; 2021.
- Yusuf, B., Walters, L. M., & Sailin, S. N.; **Restructuring Educational Institutions for Growth in the Fourth Industrial Revolution (4IR): A Systematic Review**; *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*; 15(03), pp. 93–109; 2020.