

Research, Society and Development, v. 9, n. 11, e6039119674, 2020
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9674>

Internet das Coisas e Educação: uma revisão sistemática da literatura

Internet of Things and Education: a systematic literature review

Internet de Las Cosas y Educación: una revisión sistemática de literatura

Recebido: 26/10/2020 | Revisado: 30/10/2020 | Aceito: 23/11/2020 | Publicado: 28/11/2020

Claudio Cleverson de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0762-9680>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

E-mail: claudiodelima@yahoo.com.br

Eliane Schlemmer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-3234>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

E-mail: elianes@unisinos.br

Leonel Morgado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5517-644X>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

E-mail: Leonel.morgado@uab.pt

Resumo

A Internet das Coisas (IoT ou Internet of Things) tem se revelado uma tecnologia potencialmente disruptiva em vários campos da atividade humana, o que inclui os processos educacionais. O processamento de dados produzidos e armazenados por objetos cotidianos e sensores e processados na web pode potencializar a análise pedagógica do professor e conferir maior liberdade para intervir nos percursos formativos dos alunos. Contudo, as pesquisas relacionando IoT e educação são incipientes, não conferindo uma visão clara sobre como concretizar este potencial. Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura para melhor evidenciar as possibilidades de conexão entre IoT e Educação, recolhendo produções e analisando o conteúdo das mesmas e agrupando-as por ano e país de publicação, contexto e nível educacional, foco dos estudos, tecnologias adotadas, aspectos metodológicos, aspectos teóricos e desenvolvimento de competências proporcionado por tais tecnologias. Constatou-se que a maioria das pesquisas foca em aspectos técnicos e utilitários da IoT, mas existem propostas com referencial teórico-metodológico de caráter pedagógico. Os resultados apontam para a necessidade de aprofundamento da interligação entre Internet das Coisas e Educação,

indicam possibilidades de pesquisas futuras e a quais áreas esse aprofundamento deve atender, possibilitando a utilização desse potencial tecnológico para a promoção de novas abordagens na área de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Internet das coisas; IoT; Educação; Aprendizagem; Dados.

Abstract

The Internet of Things has unveiled to be a potentially disruptive technology in different fields of human activity which includes educational processes. The processing of data produced and stored by everyday objects captured and processed on the web can potentiate the educator's pedagogical analyses and in terms provide them with more freedom to intervene in the formative resources of the students. Despite all the research related to IoT and education it is in initial stages and does not provide a clear vision of developing such potential. This article introduces a systematic literature review to better show the possibilities of connection between IoT, and education by gathering data and analyzing the content of it, clustering it by year, and country of publication, context and education level, study focus, adopted technologies, methodological, and theoretical aspects, and development of competencies by such technologies. Most research was focused on technical and useful aspects of IoT, however there are proposals with theoretical and methodological frames of reference with a pedagogical character. These results show the need to go beyond the interconnection between IoT and education, and also the possibilities of future research and the areas that should be looked into as to making it possible to use that technological potential for the promotion of new approaches in the teaching and learning areas.

Keywords: Internet of things; IoT; Education; Teaching; Learning; Data.

Resumen

El Internet de las Cosas ha revelado ser una tecnología potencialmente disruptiva en varios campos de las actividades humanas, la cual incluye procesos educacionales. El procesamiento de datos producidos y almacenados por objetos cotidianos, captados y procesados en las redes puede potencializar el análisis pedagógico del maestro y otorgarle mayor libertad para intervenir en los recursos formativos de los alumnos. Aun con todas las investigaciones relacionadas al internet de las cosas, y la educación, estas son incipientes, y no proporcionan una visión clara sobre como concretizar ese potencial. Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura para evidenciar de mejor manera las posibilidades de conexión entre el internet de las cosas y la educación, recogiendo producciones, y analizando el contenido de las

mismas, agrupándolas por año y país de publicación, contexto y nivel educacional, enfoque de estudios, tecnologías adoptadas, aspectos metodológicos, aspectos teóricos, y desenvolvimiento de competencias proporcionado por dichas tecnologías. Se Constató que la mayoría de las investigaciones fuese en aspectos técnicos y útiles del internet de las cosas, sin embargo, existen propuestas con referencias teórico - metodológicas de carácter pedagógico. Estos resultados apuntan a la necesidad de profundización de la interconexión entre el internet de las cosas y la educación, y se indican las posibilidades de investigaciones futuras y cuales áreas deben atender esa profundización a manera de posibilitar el uso de ese potencial tecnológico para la promoción de nuevos abordajes en el área de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: Internet de las cosas; IoT; Educación; Aprendizaje; Datos.

1. Introdução

A evolução em velocidade, amplitude e profundidade das Tecnologias Digitais (TD) em conjunto com outros fatores, provocam significativas mudanças sociais (Castells, 2005) e culturais (Lévy, 1999; Santaella, 2003). Atualmente, há mais objetos conectados à Internet do que pessoas no planeta, com previsão de superar os 50 bilhões de dispositivos em 2020 (Heidt, 2017). O conceito Internet das Coisas (da expressão inglesa *Internet of Things* ou IoT) emerge da atual profusão de objetos do cotidiano equipados com sensores e conexão sem fios, constituindo uma rede que automaticamente coleta, armazena e processa dados através da Internet, disponibilizando os resultados para pessoas e/ou sistemas autorizados (Ashton, 2009). O termo foi adotado pela indústria e reiteradamente vem sendo apontada como uma das 5 tecnologias disruptivas pelas consultorias Gartner Group e IDC.

A intensa utilização de tecnologias digitais (TD) pelos sujeitos contemporâneos inicia no contexto doméstico, perpassa os espaços de convivência social e chega à escola, evidenciando descompasso entre a evolução tecnológica digital e as instituições escolares (Johnson et al., 2014, 2015, 2016) em relação aos meios e à forma como os sujeitos aprendem na contemporaneidade. A popularização e barateamento da IoT possibilita sua apropriação em ambientes de aprendizagem, transforma também os contextos educacionais e afetam as pedagogias que atendem a eles, como *experiential learning* (Hawxwell et al., 2019; Kolb, 1984), *outdoor learning* (Thorburn & Allison, 2010) e *mobile learning* (O'Malley et al., 2005)

As TD na educação, de modo geral, evidenciam o repensar dos processos educacionais em termos de acesso e compartilhamento da informação, pois a IoT já se faz presente nos espaços escolares enquanto objetos inteligentes para segurança, vigilância, monitoramento de

dados e controle de acessos. Contudo, para além do “uso de” IoT na educação, deve-se atentar como ela pode se constituir na perspectiva da “apropriação para”, compreendida enquanto possibilitadora do desenvolvimento da autonomia e autoria para empoderamento dos sujeitos (Schlemmer, 2014). Pesquisas evidenciam potencial da IoT para o setor educacional pois, mesmo em estágio inicial, apresentam potencial para transformar os processos de ensino e aprendizagem (Lee, 2012; Selinger & Sepúlveda, 2013). As tecnologias IoT ainda não integram efetivamente o repertório pedagógico contemporâneo, mas estão postas as possibilidades da educação se beneficiar desses avanços para a construção de ambientes e práticas pedagógicas mais alinhados aos processos de ensino e aprendizagem contemporâneos.

A transformação dos espaços afeta as visões epistemológicas em que se alicerçam as teorias da aprendizagem. Aqui, a interpretação dos resultados atendeu à concepção de aprendizagem na qual o sujeito aprende quando se modifica a partir de sua ontogenia, sua história de interações recorrentes com o meio (Maturana & Varela, 2001). Este “meio” modificou-se, porque está agora imbuído de novos elementos digitais, entre eles as tecnologias IoT, constituindo-se em espaço caracterizado pelo hibridismo de atores humanos e não humanos, cruzamento de múltiplas matrizes indissociáveis que convivem nas redes, entendidas como resultados de movimentos de associações, desassociações e reassociações constantes (Latour, 2012). Os objetos da IoT, enquanto tecnologia que confere aos objetos a capacidade de comunicarem o seu estado e automaticamente reagir à informação recebida, assumem um novo grupo de atores não humanos na rede, com inusitado potencial de conectividade.

Essa dimensão conectiva (Felice, 2011) se afasta da concepção midiática de comunicação tradicional (emissores, canais e mensagens) e se aproxima da dimensão híbrida e conectiva que marca a comunicação digital, alterando práticas sociais, políticas, relacionais, econômicas e educacionais. Os recentes avanços do digital alteram significativamente a forma como se aprende, evidenciando o conhecimento enquanto interpretação da rede de relações entre informações que conectam todos os atores (humanos e não humanos). A apropriação e a análise crítica sobre as informações em rede são fundamentais para a participação cidadã em uma sociedade cada vez mais conectada, complexa e desafiadora.

Nesse sentido, analisar a IoT enquanto tecnologia disruptiva e emergente, apropriada pelo campo educacional na forma de dispositivos e dados, dará ao professor maior liberdade e possibilidades de intervenção efetiva nos percursos formativos dos alunos, justificando a realização desta revisão sistemática da literatura.

2. Metodologia

A partir de problemas do mundo real, o conhecimento científico busca racionalizar e sistematizar o processo de construção do conhecimento, apresentando respostas objetivas que possam ser comprovadas por meio de um método, cujo suporte é fornecido pelos autores a seguir. Devido ao caráter dinâmico do conhecimento, tanto pesquisas qualitativas quanto quantitativas formalizam o processo científico por meio de métodos, selecionados em razão do tema e objeto pesquisado (Köche, 2011; Pereira et al., 2018). Embasando o caráter qualitativo da pesquisa aqui apresentada, destacamos que as amplas questões ou focos de interesse iniciais foram se tornando incrementalmente mais diretos e específicos (Lüdke & André, 2013), afinando a escolha do método em direção à revisão de literatura.

Ao sintetizar a produção do conhecimentos científico numa área específica a revisão sistemática da literatura é uma maneira organizada e reproduzível para identificar, avaliar e resumir o corpo de conhecimento produzido sobre um determinado assunto (Fink, 2019). Além de mapear o que já foi pesquisado, auxiliando na definição da questão de pesquisa, contribui para evidenciar como a pesquisa que está sendo proposta se diferencia e avança em relação ao conhecimento já produzido na área, evitando citar seletivamente literatura que reforça noções preconcebidas (Kitchenham & Charters, 2007).

Esta revisão sistemática da literatura foi realizada nas bases de dados digitais SCOPUS, ERIC, Scielo, Google Scholar, EBSCO Host, Periódicos CAPES, Catálogo de Teses e Dissertações CAPES (CTD) e Banco de Teses e Dissertações IBict (BDTD), compreendendo o período temporal de 2013 a 2018. Mapeia, analisa e apresenta um quadro abrangente e detalhado das publicações envolvendo os termos “Internet das Coisas” e “Educação”, a partir do protocolo de revisão apresentado (Tabela 1, a seguir).

Tabela 1 – Protocolo da revisão sistemática para mapeamento do campo temática.

<i>Etapa</i>	<i>Descrição da Etapa</i>
P1	Decomposição da questão de pesquisa inicial em palavras-chave
P2	Formulação, testes e ajustes dos termos de busca utilizando palavras-chave
P3	Execução da busca em cada base de dados, com os ajustes específicos necessários
P4	Critério de Inclusão 1 (CI1): o item do resultado apresenta no mínimo um dos seguintes termos de busca no título (incluindo o correspondente em inglês): Internet das Coisas, IoT, Educação, Aprendizagem
P5	Critério de Exclusão 1 (CE1): pesquisas publicadas há mais de 5 anos
P6	Critério de Exclusão 2 (CE2): artigos não revisados por pares
P7	Critério de Exclusão 3 (CE3): artigos não relacionados à Internet das Coisas em Educação a partir da leitura de títulos e resumos
P8	Download das produções que atenderam aos critérios: CI1, CE1, CE2 e CE3
P9	Critério de Exclusão 4 (CE4): artigos duplicados
P10	Critério de Exclusão 5 (CE5): abordagem da temática IoT na educação por aspectos exclusivamente estruturais (rede, controle, monitoramento) sem incluir elementos pedagógicos.

Fonte: Autores, (2019).

Após a apresentação do protocolo de revisão sistemática em suas 10 etapas (tab. 1), os resultados da execução desse protocolo de mapeamento estão descritos a seguir

3. Resultados

A partir do protocolo de mapeamento (Tabela 1), demonstra-se na Tabela 2 a evolução quantitativa da aplicação do protocolo conforme a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, resultando em 29 artigos, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado da execução do protocolo da revisão da literatura.

Base	Critério de Inclusão 1	Após critérios de exclusão 1, 2 e 3	Após critério de exclusão 4	Após critério de exclusão 5	Corpus final
SCOPUS	118	75	71	18	5
ERIC	203	24	22	6	3
Scielo	64	17	14	1	1
Google Scholar	285	39	32	36	12
EBSCOHost	218	87	83	11	3
Periódicos Capes	87	27	25	7	2
CTD/Capes	330	140	136	9	2
BDTD/ Ibict	175	59	52	3	1
TOTAL	1480	468	435	91	29

Fonte: Autores, (2019).

Verifica-se que, dos 1480 documentos iniciais, restaram 468 após os critérios de exclusão 1,2 e 3, chegando a 91 após a aplicação dos critérios de exclusão 4 e 5 e chegando a 29 artigos ao final. O *corpus* final de produções que compõem a revisão da literatura está apresentado na tabela 3 por título e autoria do artigo, ano e país de publicação:

Tabela 3 - Relação de título, autoria, ano e país de publicação dos artigos selecionados.

<i>Id</i>	<i>Título e Autoria</i>	<i>Ano</i>	<i>País</i>
A1	Developing intercultural competencies through virtual reality: Internet of Things applications in education and learning (Hickman & Akdere, 2018)	2018	Estados Unidos
A2	IoT in Education: An Integration of Educator Community to Promote Holistic Teaching and Learning (Tripathi e Ahad (2018)	2018	Índia
A3	A survey on Iot in Education (SUDUC et al., 2018)	2018	Romênia
A4	Internet of Things (IoT): Education and Technology: relationship between education and technology for students with disabilities (Kent et al., 2018)	2018	Austrália
A5	Prospects of Internet of Things in Education System (BAJRACHARYA et al., 2018)	2018	Estados Unidos
A6	The Potential of the Internet of Things for Supporting Learning and Training in the Digital Age (Kravčík et al, 2018)	2018	Alemanha
A7	Exploring the Internet of Things (IoT) in education: a review (Ramlowat e Pattanayak, 2019)	2018	Singapura
A8	Adaptive Reuse of Cultural Heritage Elements and Fragments in Public Spaces: The Internet of Cultural Things and Applications as Infrastructures for Learning in Smart Cities (McKenna, 2017)	2017	Canadá
A9	Alice das Coisas: entendendo a comunicação entre objetos na construção de ambientes de aprendizagem (Moreira e Baranauskas, 2017)	2017	Brasil
A10	The Power of the Internet of Things in Education: An Overview of Current Status and Potential (Moreira et al, 2017)	2017	Portugal
A11	Internet-of-Things and its applications in e-learning (AjazMoharkan et al, 2017)	2017	Índia
A11	Micro to micro: Bit and beyond: A British Innovation (Rogers et al, 2017)	2017	R. Unido
A12	The impact of internet-of-things in higher education (Banica et al, 2017)	2017	Romênia
A13	Local communities of computer education in Norway (Mavroudi et al, 2017)	2017	Noruega
A14	Teaching and learning engineering subjects in the times of the IoT: case study on a course on wireless communications and networks (Pimentel et al, 2017)	2017	China
A15	Assessing IOT projects in university education - A framework for problem-based learning (Mäenpää et al, 2017)	2017	Finlândia
A16	Can we make Schools and Universities smarter with the Internet of Things? (Kiryakova et al, 2017)	2017	Bulgária
A17	The evolving challenges of internet of everything: enhancing student performance and employability in higher education (Bandara et al, 2016)	2016	Reino Unido
A18	ICT and internet of things for creating smart learning environment for students at education institutes in India (Ur Rahman et al., 2016)	2016	Índia
A19	Introducing IoT and Wearable Technologies into Task-Based Language Learning for Young Children (de La Guia, 2016)	2016	Espanha
A20	A formação no tempo e no espaço da Internet das Coisas (Zuin e Zuin, 2016)	2016	Brasil

A21	Tapetes Musicais Inteligentes: Computação Ubíqua para apoiar a Educação Musical (Santos et al., 2016)	2016	Brasil
A22	Knowledge Construction in Computer Science and Engineering when Learning Through Making (Charlton e Avramides, 2016)	2016	Reino Unido
A23	The importance of the Learning Sciences for Teaching and Learning through the Internet of Things (Luckin et al, 2016)	2016	Reino Unido
A24	Blockmagic, a hybrid educational environment based on RFID technology and internet of things concepts (Miglion et al., 2015)	2015	Itália
A25	Learning IoT without the "I"-educational internet of things in a developing contexto (Putjorn et al., 2015)	2014	Reino Unido
A26	Internet of Things Based Education: Definition, Benefits, and Challenges (Pei et al., 2013)	2013	China
A27	Interaction System Based on Internet of Things as Support for Education (Gómez et al, 2013)	2013	Espanha
A28	An IoT and Wearable Technology Hackathon for Promoting Careers in Computer Science (Byrne et al., 2013)	2013	Irlanda
A29	The internet of things technologies in teaching, learning and basic education management (Dlodlo, 2013)	2013	África do Sul

Fonte: Autores, (2019).

Estes 29 artigos foram submetidos a um processo de leitura integral e a revisão de literatura foi discutida e analisada em relação a sete aspectos, apresentados na análise e discussão, a seguir: 1) ano e país de publicação, 2) nível educacional, 3) foco dos estudos, 4) tecnologias utilizadas, 5) embasamento metodológico e teórico-pedagógico e 6) competências.

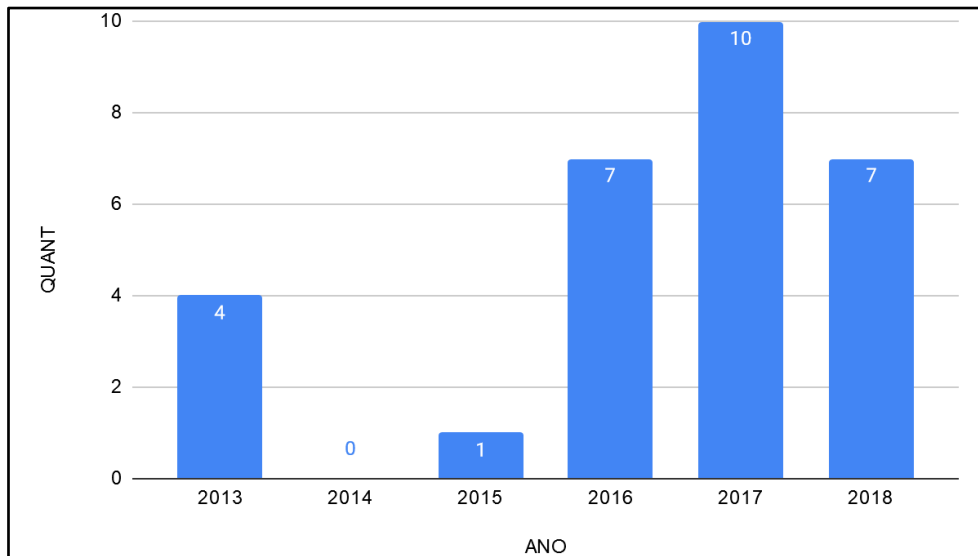
4. Resultados e Discussão

A análise e discussão dos resultados busca evidenciar como as pesquisas abordaram as experiências, oportunidades e desafios da relação entre IoT e educação. Esse movimento analítico possibilita identificar tendências e avançar questões, bem como definir áreas e possíveis aprofundamentos de investigações da relação entre a área da IoT e educação.

4.1 Ano e país de publicação

Nesta análise abordamos as 29 publicações (Tabela 3) em relação a ano e país de publicação, contexto e nível educacional, foco dos estudos, tecnologias adotadas, aspectos metodológicos, aspectos teóricos e desenvolvimento de competências. É possível verificar um crescimento das pesquisas nessa área, com indicações quantitativas de crescimento no número de produções científicas sobre a temática desde o ano de 2013 (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição das publicações por ano.



Fonte: Autores, (2019).

Contudo, salienta-se um intervalo de poucas publicações (2014 e 2015). O ano de 2018 também apresenta um decréscimo, que pode ser resultante desta revisão ter sido finalizada em fevereiro de 2019, com pesquisas de 2018 ainda em fase de publicação.

Em nível geográfico é possível verificar a distribuição global dos estudos em IoT e educação (Figura. 2) nos países de todos os continentes. Há notória concentração na Europa, mas atividade significativa na Índia, no Brasil, na China e nos EUA.

Figura 2 – Distribuição geográfica das publicações com base na Tabela 3.

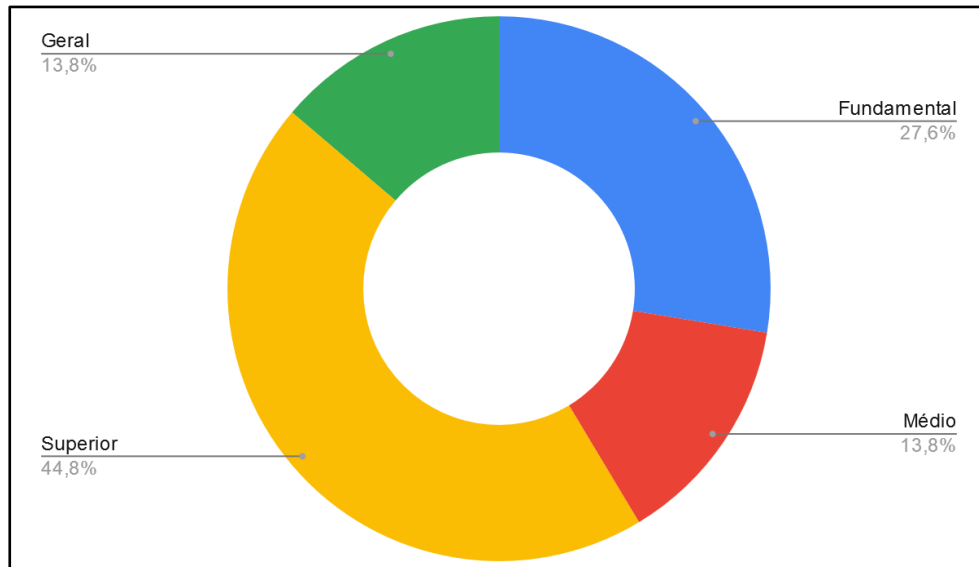


Fonte: Autores, (2019).

4.2 Nível educacional

Com relação ao contexto e nível educacional, observa-se na tabela 4 que o nível Superior concentra quase metade dos estudos (45%), seguido do Ensino Fundamental (28%) e Médio e Geral, com 14% dos estudos.

Figura 3 - Distribuição geográfica das publicações com base na Tabela 3.



Fonte: Autores, (2019).

Tais resultados corroboram a tendência apontada por Selinger et al. (2013): tecnologias IoT seriam utilizadas no ensino superior e, posteriormente, no ensino Fundamental e Médio.

4.3 Foco dos estudos

Durante o mapeamento do campo, identificou-se tendência das produções abordarem a IoT pela perspectiva técnica. Ainda que relacionada ao termo “educação”, a IoT vincula-se ao campo educacional mais por aspectos técnicos que pelo viés de teorias pedagógicas. Optou-se, então, por extrair as palavras-chave, em um total de 167, e agrupá-las por semelhanças e sobreposições. Resultando na Tabela 4.

Tabela 4 – Agrupamento de palavras-chave.

Palavras-chave	Freq	%
<i>Internet of Things/IoT</i>	25	17%
<i>Education/Educação</i>	17	12%
<i>Várias relativas a competências técnico-científicas (STEM, programming, computer science)</i>	15	10%
<i>Várias relativas a tecnologias emergentes (3D print, AR, blockchain, RFID, outras)</i>	13	9%
<i>Learning/teaching/training</i>	11	8%
<i>Várias relativas a competências sociais (collaboration, creativity, problem-solving, culture...)</i>	9	6%
<i>Smart devices/learning/cities</i>	8	6%
<i>Ubiquitous learning/computing</i>	8	6%
<i>Várias relativas a abordagens pedagógicas (problem-based learning, scaffolding, ...)</i>	5	3%
<i>Mobile computing</i>	4	3%
<i>Wireless network</i>	4	3%
<i>Data/Big Data/Open data</i>	4	3%
<i>Sensor</i>	3	2%
<i>Wearable</i>	3	2%
<i>Várias relativas a concepção (learning design, design thinking...)</i>	2	1%
<i>Várias relativas a tecnologias educativas (e-readers, e-textbooks, interactive board...)</i>	2	1%
<i>Outras sem padrão aparente (building, disabilities, e-everything, local communities, ...)</i>	10	7%
TOTAL	143	100%

Fonte: Autores, (2019).

Os dois temas prevalentes são IoT (17%) e Educação (12%), justificados pela temática pesquisada. Em seguida, aparece o desenvolvimento das competências técnicas (*hard skills*), fortemente ligadas à temática STEM, como prototipagem ou programação de dispositivos IoT (10%). Também com relevância, surgem as tecnologias emergentes (9%), tais como Realidade Aumentada, RFID, impressão 3D, *blockchain* e outras.

Após a predominância de áreas temáticas de caráter mais técnico, começam a emergir temas ligados ao ensino e a aprendizagem (8%) e ao desenvolvimento de competências sociais (*soft skills*), como colaboração, criatividade, resolução de problemas, competência socioculturais e outras, com 6% de prevalência. Dispositivos inteligentes (*smart*), conectados aos termos *smart learning* e *smart cities*, surgem com prevalência de 6%, bem como *ubiquitous computing* e *ubiquitous learning* (6%). Abordagens pedagógicas, como *problem-based learning* e *scaffolding* apresentam 3% de prevalência. Computação móvel e redes *wireless*, ambas com 3%, evidenciam interdependência pela via tecnológica, e os dados gerados, como Big Data e Open Data, apresentam o mesmo percentual. Sensores (2%) e wearables (2%) são seguidos de design e tecnologias educacionais, com 1% cada. Esclarece-se que as palavras-

chave que não comportaram agrupamento (*building, disabilities, e-everything, local communities* e música) representam cerca de 7% do total.

A predominância em aspectos técnicos relacionados à STEM já apontada pelas palavras-chave é reforçada pelo fato de que 18 dos 29 artigos analisados são centrados em disciplinas STEM, destacando Ciência da Computação (8), Engenharias Elétrica e Eletrônica (6) e Comunicações (4). Como exemplos estão a proposta de uma arquitetura de educação móvel flexível e expansível baseada em *cloud computing* (A26), programação de dispositivos IoT (A11) e construção de dispositivos de comunicação sem fios utilizando IoT (A14).

Em contraste com estudos nos quais a relação IoT e educação apresenta aspecto pedagógico difuso (exemplos são os estudos A5, A14, A16, A25, A26), surgem iniciativas relevantes na apropriação da IoT na promoção da aprendizagem. Como exemplo temos a utilização de obras da literatura para criação de narrativas literárias personalizadas (A9) criação de tapetes musicais inteligentes para aprendizagem em aulas de música, (A21), IoT na criação de cenários realistas de aprendizagem baseada em tarefas para línguas (A19), utilização do patrimônio cultural com IoT para apoiar a aprendizagem em cidades inteligentes (A8) e IoT com elementos do patrimônio cultural para apoiar a aprendizagem em espaços públicos (A8). Ainda destaca-se a aprendizagem de competências interculturais em ambientes criados com IoT e Realidade Virtual (A1) e estudos vinculando a utilização da IoT para melhorar a acessibilidade no campus e o acesso a materiais de aprendizagem por PCDs (A4).

A proposição de roteiros ou modelos de utilização da IoT na educação (A2, A6, A11, A15, A18, A23, A24, A26, A27) são iniciativas que facilitam a ação do professor, mas devem ser dotados de flexibilidade e configuração abertas o suficiente para não padronizar a totalidade dos estudantes, dificultando a possibilidade de personalização da aprendizagem que a IoT poderia proporcionar. Além da predominância de disciplinas e pesquisas ligadas à STEM, há indicativos de desenvolvimento das habilidades e competências sociais. A diversidade de áreas de estudo sinaliza abertura para que, além da perspectiva infraestrutural e técnica, a IoT seja pesquisada em maior profundidade e inserida em contextos educacionais na perspectiva pedagógica da aprendizagem, área na qual poucos estudos foram localizados.

4.4 Tecnologias utilizadas

Verifica-se na Tabela 5 que sensores (13%), identificadores do tipo RFID (8%) e cloud computing (6%), bases técnicas da IoT, estão presentes entre as tecnologias com maior

prevalência. Como dispositivos de controle, verifica-se a utilização de smartphones (6%), bem como tablets (4%) e dispositivos wearable (4%). Também com 4% de prevalência cada, as tecnologias GPS, redes wireless, NFC, Realidade Aumentada e Bluetooth. Diferentes objetos e superfícies surgem como suporte para os sensores IoT, mas destaca-se como exemplo de plataforma para projetos baseados em IoT as placas Arduino (4%) e Raspberry Pi (3%).

Tabela 5 – Agrupamento das tecnologias empregadas nos estudos.

<i>Tecnologia</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
Sensores	10	13%
RFID	6	8%
cloud computing	5	6%
smartphone	5	6%
wearable	4	5%
tablet	4	5%
GPS	3	4%
Redes wireless	3	4%
NFC	3	4%
Augmented Reality	3	4%
Arduino Board	3	4%
Bluetooth	3	4%
Raspberry Pi	2	3%

Fonte: Autores, (2019).

Destaca-se o aspecto *maker* em 18 das 29 pesquisas. Os estudantes construíram e modificaram significativamente os dispositivos para que estes se adequassem aos seus interesses de aprendizagem. Esse é um fator de estímulo para os estudantes, que em seis desses artigos demonstraram empolgação em construir, manipular fisicamente os objetos, bem como programá-los de acordo com seus objetivos e interesses.

4.5 Embasamento metodológico e teórico-pedagógico

Os aspectos metodológicos utilizados nos trabalhos que compõem esta revisão de literatura estão demonstrados na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Metodologias utilizadas.

<i>Metodologia</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
Estudo exploratório	6	21%
[Não explicitada]	6	21%
Levantamento	5	17%
Estudo de caso	4	14%
Estudo comparativo	3	10%
Estudo analítico	2	7%
Action Research	1	3%
Design Based Research	1	3%
Revisão de literatura	1	3%
Estudo exploratório	6	21%
[Não explicitada]	6	21%
Levantamento	5	17%
Estudo de caso	4	14%

Fonte: Autores, (2019).

Constata-se a significativa prevalência (21%) de estudos exploratórios (A6, A9, A11, A16, A26 e A29), o que pode ser explicado pela emergência da temática IoT nas suas relações com o campo educativo, o que justifica a abordagem exploratória da temática. Também ganha destaque, com o mesmo percentual estudos sem referencial metodológico claramente explicitado (A2, A5, A10, A17, A20, A25).

Levantamentos representam 17% dos estudos sobre o uso da IoT por Pessoas com Deficiência na Austrália (A4) e experiências com IoT na educação com estudantes universitários (A3), bem como sobre a avaliação do conhecimento, experiência e interesse dos estudantes em IoT (A7 e A28). Os estudos de caso representam 14% do total, como a utilização do potencial do patrimônio cultural usando IoT para apoiar a aprendizagem em espaços públicos das smart cities (A8), desenvolvimento de um curso de comunicações sem fio e rede fazendo amplo uso de tecnologias IoT (A14) um protótipo de dispositivo IoT que utiliza sensores e tutorial (A23) e utilização da computação ubíqua e objetos com sensores na educação musical (A21).

Representando 10% das pesquisas, três estudos comparativos procuraram ensinar identificação e funções de componentes de hardware (A27), comparar a eficácia do hardware de RV de alto custo ao similar de baixo custo e, computadores tradicionais (A1) e, a criação de cenários de aprendizagem de línguas (A19). Estudos analíticos representam 3% dos casos, como a análise das melhores práticas de uso de IoT em universidades (A12) e análise de aplicativos e dispositivos IoT em ambientes de aprendizagem (A18). Por fim, com 3% de

prevalência cada, uma pesquisa utiliza action research (A15), outra utiliza design-based research (A22) e revisão de literatura (A7).

Os aspectos teórico-pedagógicos levantados nesta revisão encontram-se relacionados, juntamente com sua frequência e valor percentual, na Tabela 7, a seguir:

Tabela 7 – Abordagens teórico-pedagógicas dos estudos.

<i>Abordagem teórico-pedagógica</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
[Não apresenta referencial ou apresenta de forma difusa]	6	21%
Construcionismo	6	21%
Aprendizagem experiencial	5	17%
Construtivismo/Socioconstrutivismo	4	14%
Aprendizagem ativa	3	10%
Bildung	2	7%
Grounded Theory	1	3%
Cognição da Personificação	1	3%
Reutilização adaptativa	1	3%

Fonte: Autores, (2019).

Dos 29 artigos que compõem o corpus desta revisão de literatura, 59% deles apresentam referencial teórico-pedagógico consistente e bem definido. Os 41% restantes são produções que apresentam referencial teórico-pedagógico difuso ou inexistente.

A abordagem construcionista, que destaca o aspecto maker de experiências nas quais os estudantes construíram e modificaram os dispositivos para que estes se adequassem aos seus objetivos de aprendizagem, é utilizada em 4 estudos, (A9, A22, A23 e A27) totalizando 14%. As pesquisas buscaram visualizar a relação entre ensino e aprendizagem quando o aprendiz se envolve na construção de um produto significativo para ele (A9) e, a construção colaborativa do conhecimento ao projetar e testar projetos para cidades inteligentes (A22). Também foram identificadas pesquisas baseadas em práticas pedagógicas em um evento de aprendizagem para estudantes (A23) e a interação de estudantes com objetos físicos associados a objetos digitais na aprendizagem de hardware (A27), apontando engajamento e entusiasmo dos alunos na realização das atividades envolvendo projeto, criação e manipulação física dos objetos.

A abordagem baseada na experiência ativa somada à reflexão dos alunos sobre sua ação (Experiential Learning) aparece em 14% dos estudos, mesma proporção do construcionismo. Um dos estudos investigou o desenvolvimento de competências interculturais, por meio de experiência em ambientes construídos com Realidade Virtual e IoT (A1), bem como a aprendizagem de estudantes da área de linguagem, com dispositivos wearable e IoT exibindo

mensagens de status possibilitando o acompanhamento por parte de colegas e professores (A19). Ainda é demonstrada a construção e apresentação de um protótipo utilizando rede sem fio e IoT para um projeto de curso de engenharia de comunicação (A14) e o design de um modelo de ensino e de aprendizagem utilizando dispositivos IoT e cloud computing (A12).

A abordagem construtivista (10%) foi utilizada na aprendizagem colaborativa por pares, com o professor estimulando os alunos na resolução de problemas e a pensar por si mesmos (A28) no desenvolvimento de tapetes inteligentes para aprendizagem de música (A21), com o socioconstrutivismo empregado na proposição de um roteiro de experiências de aprendizagem em prototipagem de IoT (A15). A abordagem da aprendizagem ativa foi utilizada em dois projetos, representando 7% dos estudos desta revisão. Um dos estudos envolveu estudantes utilizando placas programáveis e impressão 3D para projetar, construir e programar objetos inteligentes (A3), bem como no desenvolvimento de aplicações em e-learning por meio de IoT e gamificação (A11).

Os últimos quatro estudos estão representados cada um por uma abordagem diferente, representando 3% do total cada uma. Reflexão crítica sobre o conceito de formação na perspectiva da Bildung, analisando as transformações decorrentes do processo formativo de estudantes e professores conformadas pela temporalidade e localidade da IoT (A20) e estudo sobre o uso da teoria fundamentada em dados, ou Grounded Theory (Glaser & Strauss, 2017), para investigar como as instituições de formação em computação norueguesas capacitam alunos e tutores a realizar seu papel na sociedade digital (A13). A cognição da personificação foi utilizada para redefinir materiais de ensino e de aprendizagem por meio da IoT, criando ambientes inteligentes híbridos (A24) e a utilização readaptativa, na intersecção com o design, utilizada em aplicações IoT que apoiam a aprendizagem em *smart cities* e *learning cities* (A8).

4.6 Competências

Especialmente quando conjugada com uma teoria pedagógica, a IoT auxiliou no desenvolvimento de competências técnicas (*hard skills*) e sociais (*soft skills*), que compõem o escopo das competências para o século 21 (World Economic Forum, 2015). Foram extraídas 55 competências dos estudos analisados, agrupadas por semelhanças e sobreposições (Tabela 8).

Tabela 8 – Competências desenvolvidas nas publicações da revisão de literatura.

Competência	Frequência	%
Colaboração	14	24%
Resolução de problemas	7	13%
Raciocínio Lógico	5	9%
Pensamento crítico	5	9%
Comunicação	5	9%
Programação de computadores	4	7%
Interação/socialização	3	5%
Trabalho em equipe	2	4%
Criatividade	2	4%
Liderança	2	4%
Auto-reflexão	1	2%
Empatia	1	2%
Formulação de ideias	1	2%
Gerenciamento de conflitos	1	2%
Inovação	1	2%
Observação	1	2%

Fonte: Autores, (2019).

Conforme a tabela, dentre as 55 competências extraídas dos estudos, a colaboração aparece em primeiro lugar, com prevalência de 25%. Em seguida, com 13%, aparecem as habilidades de resolução de problemas (13%), e raciocínio lógico, com 9%. Aparece com 13%, seguido de pensamento crítico e comunicação, com 9% de prevalência cada. Logo em seguida aparece programação de computadores, com 7%.

Interação e socialização representam 5% das competências apontadas, seguidas de trabalho em equipe, criatividade e liderança, representando 4% cada uma. Auto reflexão e empatia representam 2% da frequência cada uma, da mesma forma que formulação de ideias e gerenciamento de conflitos. Capacidades de observação e inovação, também com 2% de prevalência, completam a lista. Observa-se que, embora o foco em *hard skills* (STEM) tenha aparecido reiteradamente nos trabalhos analisados, surgem muitas competências do tipo *soft skills*, o que demonstra que as tecnologias IoT podem favorecer sua emergência e desenvolvimento

5. Considerações Finais

A análise evidencia que as tecnologias da Internet das Coisas, primeiramente adotadas pela indústria, apenas agora começam a ser apropriadas pelo campo educacional. Mas a

abrangência geográfica evidencia que o interesse no tema não está restrito a uma região ou continente, mas apresenta distribuição global, bem como tendência de crescimento. Há evidências de que são necessários mais esforços investigativos no âmbito das pesquisas no Ensino Médio, ponto de transição entre o Ensino Fundamental e o Ensino Superior e, portanto, estratégico para níveis formativos de maior grau.

Apesar da considerável atenção e interesse que a IoT vem despertando, há significativos gaps em torno da sua apropriação com foco na aprendizagem. Devido ao caráter técnico predominante, em detrimento da atenção às questões pedagógicas, são necessários esforços na concepção, desenvolvimento, implementação e avaliação de intervenções com base em IoT que potencializem a aprendizagem em domínios e disciplinas na conexão de aspectos técnicos e pedagógicos (A1, A7 e A1).

A percepção do foco predominante em aspectos técnicos/STEM no momento da leitura integral das produções se confirmou pelo agrupamento das palavras-chave, que indicaram maior prevalência na abordagem de competências técnicas (*hard skills*), com muitos trabalhos focando na relação Educação e IoT sob a ótica técnica. Verifica-se que a IoT apoia a criação de cenários de aprendizagem em Realidade Virtual e Realidade Aumentada (A1, A19 e A23), mobilidade e *e-learning* (A5, A7, A11, A23 e A26), feedback imediato das atividades (A10 e A13), coleta de dados para avaliação e diagnóstico (A3, A19), aprendizagem distribuída em várias tecnologias e contextos (A23), personalização e detalhamento da aprendizagem (A6 e A15), design e produção de artefatos (A21), atitude positiva em relação à tecnologia e à IoT (A21, A24, A25) e atendimento a estudantes com necessidades especiais (A4 e A24).

Apesar de tal diversidade de propósitos, as produções relacionando IoT e educação continuam atreladas ao utilitarismo (modelagem, monitoramento, mensuração e aplicação), com embasamento insuficiente de teorias pedagógico-educacionais em tais experiências, confirmado por 41% dos estudos (tabela 8) que não apresentam referencial teórico-pedagógico ou o fazem de modo difuso e inconsistente.

As disciplinas STEM colaboram com a educação ao articular conhecimentos das disciplinas escolares e do sujeito para operacionalizar a prática, mas essa abordagem necessita contemplar inovação, criatividade, comunicação e espírito crítico, competências sociais essenciais para o estudante do século XXI. Uma possibilidade que ganha visibilidade, consiste em acrescentar à temática STEM a visão subjetiva e criativa das Artes e Design, constituindo a expressão STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) na composição de um currículo integrador e plural. Tal conceito não aparece entre os resultados e, essa

ausência, embasa uma crítica aos moldes em que a IoT aparece relacionada à educação nesta revisão de literatura.

O desenvolvimento de experiências na utilização de tecnologias IoT resultou em estudos promissores nas áreas da literatura, música, línguas, cultura, mundos híbridos, desenvolvimento de protótipos e acessibilidade. A proposição de roteiros e modelos para auxiliar o professor também é entendido como importante, mas alertamos da necessidade de possibilitar a personalização dos mesmos, possibilitando a modificação pelo professor de acordo com o contexto e características dos estudantes.

Os estudos utilizaram tecnologias emergentes como RFID, sensores, cloud computing, wearable, NFC, Bluetooth e redes wireless, entre outras, indicando que há tecnologias IoT disponíveis com potencial disruptivo para apropriação no campo educacional. Metodologicamente, 21% dos estudos não apresenta referencial metodológico claro, de modo que os resultados quantitativos de tais produções revelam, sob análise mais aprofundada, pouca relação com técnicas e teorias consistentes, concentrando-se mais em aspectos técnicos da relação IoT e educação. Verifica-se a prevalência de estudos exploratórios, estudo de caso e levantamentos, indicando a incipiência da área e a demanda por mais esforços investigativos que tensionem o campo e possibilitem a criação de massa crítica em estudos nesta temática.

Em relação às abordagens teórico-pedagógicas, esta revisão de literatura aponta significativo percentual de estudos (41%) com referencial teórico-pedagógico difuso ou inexistente. Mas as abordagens construcionista, construtivista e aprendizagem experiencial e ativa, que tem em comum o aspecto do fazer como elemento-chave da aprendizagem, revela que aliar base teórico-pedagógica aos projetos IOT possibilita desenvolver não apenas competências técnicas, mas também competências sociais.

Competências técnicas como pensamento lógico, programação e resolução de problemas representem parcela significativa dentre aquelas apontadas, mas as emergências sociais também aparecem, como a colaboração. Pedagogias de construção colaborativa do conhecimento com IoT permitem um "espaço de encontro" entre a tecnologia e o aprendente, fornecendo a ambos um meio mais direto de colaborar e compartilhar conhecimento, oportunizando "aprender com" ao invés de "aprender de". Valorizar o estudante como parte da comunidade de construção de conhecimento por meio do "aprender com" pode oportunizar espaços de desenvolvimento da motivação e engajamento na aprendizagem.

Também aparecem entre as competências sociais desenvolvidas nos projetos de aprendizagem utilizando IoT, a comunicação, o trabalho em equipe, o pensamento crítico, a liderança, a empatia e a inovação. Todas estas competências para o século XXI são essenciais

e precisam ser desenvolvidas dentro dos espaços educativos da contemporaneidade, para que os avanços das tecnologias digitais se reflitam em uma formação que considere a aprendizagem em sua totalidade.

Uma das contribuições centrais da IoT na educação pode estar na criação de cenários de aprendizagem, bem como a capacidade de dispositivos IoT auxiliarem o professor a orquestrar situações de aprendizagem pela capacidade dessas tecnologias gerarem, processarem e transmitirem dados de forma autônoma e independente. Tais dados oferecem ao professor possibilidades de diagnóstico, acompanhamento e avaliação individual e coletiva de alunos em situações de aprendizagem, conferindo maior liberdade de ação docente no apoio ao processo de aprendizagem. Em situações de aprendizagem em movimento é uma contribuição importante, pois tecnologias IoT podem integrar dispositivos vestíveis.

Os benefícios da IoT no setor educacional apenas começam a ser explorados. A criação de dispositivos pequenos, com pouco gasto de energia, conectados a redes sem fio e com capacidade de gerar, transmitir e processar dados, possibilita a criação de ambientes imersivos híbridos que podem auxiliar no processo de aprendizagem. Ao simular ambientes e situações de aprendizagem nas mais diversas áreas de forma segura e barata, possibilitam a manipulação de variáveis em ambiente controlado e a discussão dos resultados em perspectiva mais ampla. A capacidade de ter objetos inteligentes conectados à Internet permite ensinar por meio do fazer, com estudantes de escolas menos privilegiadas podendo utilizar remotamente recursos de outras instituições e experimentos serem planejados e executados entre equipes espacial e temporalmente distantes.

O entendimento do perfil, interesses e metas de aprendizado dos estudantes, bem como suas dificuldades possibilita que dispositivos IoT acompanhem o percurso e forneçam dados valiosos que contribuem para o professor agir com foco. A rápida evolução das tecnologias IoT, aliada a mudanças no comportamento da sociedade e, em particular, das gerações mais jovens, demanda que as instituições de ensino estabeleçam relações pedagógicas atualizadas, com soluções individualizadas que considerem as características dos estudantes, para ajudá-los a personalizar seu currículo e superar suas limitações e dificuldades ao longo do seu percurso de aprendizagem.

Como sugestão de estudos futuros, constitui campo promissor de investigação a apropriação das tecnologias IoT nas atividades de aprendizagem em movimento, nas quais a orquestração pedagógica do professor sobre o processo é prejudicada pelo fato dos alunos se encontrarem fora do seu alcance visual. Desta maneira, coletar, consolidar e apresentar os dados da atividade por meio das tecnologias IoT significa libertar o professor de detalhes de

acompanhamento para que este possa focar na orquestração e mediação pedagógica, promovendo a aprendizagem,

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem o apoio recebido.

Referências

Ashton, K. (2009). *That 'Internet of Things' Thing*. <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>

Castells. (2005). *A sociedade em rede*. Paz e Terra.

Felice, M. di. (2011). *Pós-complexidade: As redes digitais vistas a partir de uma perspectiva reticular. Entrevista especial com Massimo Di Felice—Instituto Humanitas Unisinos—IHU*. Recuperado de <http://www.ihu.unisinos.br/159-noticias/entrevistas/500515-pos-complexidade-as-redes-digitais-vistas-a-partir-de-uma-perspectiva-reticular-entrevista-especial-com-massimo-di-felice>

Fink, A. (2019). *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper*. SAGE Publications.

Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2017). *Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Routledge.

Hawxwell, L., O'Shaughnessy, M., Russell, C., & Shortt, D. (2019). 'Do you need a kayak to learn outside? A literature review into learning outside the classroom. *Education 3-13*, 47(3), 322–332. <https://doi.org/10.1080/03004279.2018.1444074>

Heidt, E. (2017). *Architecting and Planning for IoT Success: A Gartner Trend Insight Report*. Recuperado de <https://www.gartner.com/en/documents/3710618/architecting-and-planning-for-iot-success-a-gartner-tren>

Johnson, L., Becker, S. A., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition* (p. 1–50). The New Media Consortium. Recuperado de <https://www.learntechlib.org/p/171478/>

Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). *NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition* (p. 1–52). The New Media Consortium. Recuperado de <https://www.learntechlib.org/p/147472/>

Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *2015 Horizon Report*. Recuperado de <https://library.educause.edu/resources/2015/2/2015-horizon-report>

Kitchenham, & Charters. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. Recuperado de http://jnoll.nfshost.com/cit816-spring-19/topics/slrs/Kitchenham_2007_Guidelines.pdf

Köche, J. C. (2011). *Fundamentos de Metodologia Científica*. Vozes.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.

Latour. (2012). *Reagregando o social: Uma introdução à teoria do ator-rede*. EDUFBA.

Lee, K. (2012). *Augmented Reality in Education and Training*. Recuperado de <https://www2.potsdam.edu/betrusak/566/Augmented%20Reality%20in%20Education.pdf>

Lévy, P. (1999). *Cibercultura*. Editora 34.

Lüdke, M., & André, M. (2013). *Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas*. EPU.

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (2001). A árvore do conhecimento: As bases biológicas da compreensão humana. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*, 283–283.

O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J., Taylor, J., Sharples, M., Lefrere, P., Lonsdale, P., Naismith, L., & Waycott, J. (2005). *Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment*. 84.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.

Santaella, L. (2003). Da cultura das mídias à cibercultura: O advento do pós-humano. *Revista FAMECOS*, 10(22), 23–32. <https://doi.org/10.15448/1980-3729.2003.22.3229>

Schlemmer, E. (2014). Gamificação em espaços de convivência híbridos e multimodais: Design e cognição em discussão. *Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade*, 23(42), Article 42. <https://doi.org/10.21879/faeaba2358-0194.2014.v23.n42.p%p>

Selinger, M., & Sepulveda, A. (2013). *Education and the Internet of Everything How Ubiquitous Connectedness Can Help Transform Pedagogy*. Recuperado de https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/education/education_internet.pdf

Thorburn, M., & Allison, P. (2010). Are we ready to go outdoors now? The prospects for outdoor education during a period of curriculum renewal in Scotland. *The Curriculum Journal*, 21(1), 97–108. <https://doi.org/10.1080/09585170903560824>

World Economic Forum. (2015). *New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning Through Technology*. World Economic Forum. Recuperado de <https://www.weforum.org/reports/new-vision-for-education-fostering-social-and-emotional-learning-through-technology/>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Claudio Cleverson de Lima – 65 %

Eliane Schlemmer – 20 %

Leonel Morgado – 15 %