

Práticas pedagógicas no ensino superior com Internet das Coisas: metodologias, ferramentas e perspectivas futuras

Pedagogical practices in the higher teaching with Internet of Things: methodologies, tools and future perspectives

Lucio Agostinho Rocha *1

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Apucarana, Engenharia de Computação, Apucarana, PR, Brasil.

Resumo

As tecnologias digitais aplicadas na educação de nível superior são importantes para a melhoria da qualidade do ensino. Uma das mais recentes tecnologias digitais é a Internet das Coisas, com inúmeras aplicações para a formação de redes colaborativas de objetos digitais conectados através da Internet. A aplicação desses objetos digitais em práticas acadêmicas é um desafio em razão de envolver uma miríade de recursos com diferentes especificidades. Além disso, as atividades práticas interdisciplinares têm o potencial de melhorar o foco na área de estudo, ampliar a colaboração entre os estudantes em sala de aula e reduzir os níveis de evasão nos primeiros anos de cursos de graduação nas engenharias. Nesse sentido, este artigo apresenta uma revisão sistemática de metodologias de ensino com Internet das Coisas através de práticas interdisciplinares. É esperado que o conteúdo deste artigo desperte o interesse de educadores em aplicar novas tecnologias digitais na educação com metodologias ativas.

Palavras-chave: Metodologia do ensino. Tecnologia educacional. Pesquisa interdisciplinar. Ensino superior. Meios de ensino.

Abstract

The digital technologies applied on the higher education are important to the improvement of the teaching quality. One of the most recent digital technologies is the Internet of the Things, with a set of applications to the generation of collaborative networks of digital objects connected through the Internet. The application of these digital objects in academic practices is a challenge involving a myriad of resources of distinct specificities. Besides, the interdisciplinary activities has the potential of to improve the focus in the study area, increase the collaboration between students in the classroom, and reduce the evasion levels in the first years of graduation in engineering courses. As such, this paper presents a systematic review of methodologies of teaching with the Internet of Things through interdisciplinary practices. These practices are done in programming disciplines of university courses. It is expected that the contents of this paper help to rouse the interest of educators in to apply new digital technologies in education with active methodologies.

Keywords: Teaching methodology. Educational technology. Interdisciplinary research. University education. Means of teaching.

Textolivre
Linguagem e Tecnologia

DOI: 10.1590/1983-3652.2023.38608

Seção:
Artigos

Autor Correspondente:
Lucio Agostinho Rocha

Editor de seção:
Daniervelin Pereira
Editor de layout:
Leonado Araújo

Recebido em:
6 de outubro de 2022
Aceito em:
28 de novembro de 2022
Publicado em:
17 de janeiro de 2023

Essa obra tem a licença
"CC BY 4.0".



1 Introdução

A aliança entre teoria e prática é um requisito fundamental e necessário para a formação acadêmica de estudantes de cursos de graduação em universidades. A aplicação prática da teoria através de projetos acadêmicos de curta e média duração têm o potencial de incentivar a colaboração temporal entre os estudantes com abordagens distintas de cada membro do grupo do projeto.

O tema a ser contextualizado neste artigo é a aplicação prática de Internet das Coisas (IoT) em cursos de graduação para a melhoria da qualidade do ensino. Essa temática é relevante porque norteia o contexto da aplicação recente de IoT nas práticas educacionais, com a descrição das experiências de educadores que propuseram o uso desses instrumentos em suas práticas pedagógicas. A identificação

*Email: luciorocha@utfpr.edu.br

de possibilidades de aplicação de projetos de IoT na educação serve de base para manter ativas iniciativas que propõem melhorias na aprendizagem em sala de aula.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar uma contextualização de projetos com IoT aplicados em cursos de graduação universitários através de uma revisão sistemática da literatura.

É importante frisar que os projetos aqui mencionados são passíveis de serem realizados durante a execução semestral ou anual de uma disciplina da matriz curricular de um curso de graduação universitário. No projeto desenvolvido pelos estudantes são abordados conteúdos de outras disciplinas, com a possibilidade de utilizar recursos de *hardware* para a sua realização. Nesse sentido, três quesitos são previamente elencados: a) o curso do estudante; b) a disciplina ofertada e c) a temática do projeto.

Por exemplo, em uma disciplina de graduação, esses três quesitos são contemplados da seguinte forma: a) para estudantes do curso de bacharelado em Engenharia de Computação, b) na disciplina de Fundamentos de Programação, c) com a temática de painel solar.

Nesse caso, os estudantes poderão utilizar um simulador para aferição da carga máxima de energia obtida com a disposição do equipamento à exposição solar em determinadas horas do dia. Os conteúdos poderão ser previamente selecionados nas disciplinas de Cálculo, Física e Sistemas Digitais.

Por outro lado, os mesmos três quesitos poderão ter uma abordagem distinta em uma disciplina de graduação de outro curso, como segue: a) o projeto para estudantes do curso de bacharelado em Engenharia Elétrica; b) na disciplina de programação; c) com a temática de painel solar.

Nesse caso, a abordagem poderá ser voltada para projetar um minipainel solar com um *hardware* de baixo custo, dada a *expertise* dos estudantes. Os conteúdos complementares de outras disciplinas da matriz curricular poderão ser consultados para enriquecer a demonstração do protótipo desenvolvido. Para os estudantes desses cursos, a gerência das atividades será administrada pelo professor ou tutor da disciplina.

A base da pesquisa apresentada neste artigo são as metodologias ativas de ensino baseadas em projetos com Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) no ensino universitário. Essas metodologias onde o foco da aprendizagem está no estudante são conhecidas como Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project Based Learning* – PBL), que é definida como uma alternativa instrucional que oferece aos estudantes a oportunidade de desenvolverem conhecimentos e habilidades através de problemas que poderiam ser encontrados no cotidiano (POWERSCHOOL, 2022).

O restante deste artigo é organizado como segue. A próxima seção apresenta trabalhos relacionados com o uso de tecnologias digitais na educação; a Seção 2 faz uma revisão sistemática da literatura; a Seção 4 apresenta os resultados; a Seção 5 faz uma discussão sobre os resultados obtidos; finalmente, a Seção 6 faz as considerações finais.

2 Trabalhos relacionados

O entendimento de conceitos que permeiam a mudança de paradigmas no ensino do século XXI é importante para nortear e refletir sobre práticas educacionais no ensino plural da atualidade. Romero Rodríguez e Alonso García (2020) indicam que o atual paradigma de ensino foca a inserção do estudante como o agente principal do seu próprio processo de ensino-aprendizagem. Os autores também afirmam que as tecnologias da informação e comunicação (TICs) auxiliam o ensino adaptativo para as capacidades dos estudantes e que novas metodologias de aprendizagem ativa, como sala de aula invertida, aprendizagem móvel e colaborativa, despertam o interesse sobre como aplicar tecnologias digitais na educação.

Segundo o Horizon Report (PELLETIER; ET AL., 2021) a pandemia de SARS-CoV-2 (COVID-19) trouxe novos desafios para a educação. O ensino remoto trouxe inovações na comunicação digital através de metodologias sociais e emocionalmente flexíveis para uma ampla gama de estudantes com diferentes particularidades.

O documento afirma que há uma previsão de continuidade do ensino remoto em muitas instituições de ensino, mesmo após a pandemia. Além disso, as desigualdades sociais também se refletiram no acesso e na qualidade de conexão à rede Internet e, em muitos casos, os períodos de isolamento exigiram transformações nos modelos educacionais, principalmente quanto à qualidade das interações remotas e virtuais para reduzir a preocupação e o stress da comunidade acadêmica. No ensino superior,

modelos de aprendizagem híbridos que se alternam entre o ensino remoto e o presencial auxiliam na manutenção de currículos ativos.

De certa maneira, o isolamento social acelerou a adoção de TICs em sala de aula. Educadores resistentes a ferramentas de videoconferência, plataformas digitais colaborativas e salas de aula virtuais tiveram que se adaptar à nova realidade. A pandemia questionou os altos custos com a educação de nível superior frente a possibilidade de oferta do ensino remoto com TICs para um número maior de estudantes, o que trouxe a demanda de novos profissionais aptos a prepararem materiais digitais educacionais.

No estudo do Horizon Report também há destaque para metodologias de ensino que têm o potencial de serem aplicadas em sala de aula. Dentre essas metodologias de ensino, estão as que empregam Inteligência Artificial (IA), modelos de cursos híbridos, análise de aprendizagem, microcredenciamento em cursos de curta duração, recursos educacionais abertos e qualidade da aprendizagem *online*.

Embora existam várias definições de inteligência artificial, Russell e Norvig (2010) a definem como um sistema que realiza ações certas e ideais com base na racionalidade, sendo que o sistema é considerado racional quando realiza a ação certa baseada nos dados que possui.

Dessa forma, sistemas computacionais com IA realizam tarefas, que normalmente seriam realizadas por seres humanos, através de processos cognitivos e habilidades de tomada de decisão. No ensino superior, os sistemas de gerência de aprendizagem, tutoria, atribuição automática de notas, sistemas de informação estudantis com *chatbots* que entregam respostas naturais para os estudantes são exemplos recentes de utilização de IA na academia. Muitas metodologias recentes de ensino fazem a Análise de Aprendizado suportada por IA.

Os processos de aprendizagem de máquina (*Machine-Learning*) são utilizados para analisar padrões e pontos-chave de aprendizagem do estudante ao longo de sua vida estudantil. Na medida em que seja possível prever resultados do desempenho de estudantes, o uso de ferramentas de IA com análise preditiva deveriam levar em consideração a utilização dos dados estudantis com responsabilidade e ética (PELLETIER; ET AL., 2021).

Nessas metodologias o professor é incentivado a incluir novas tecnologias em suas atividades letivas. Além disso, o professor é convidado a aprender junto com os alunos, que também são apresentados às novas ferramentas educacionais. De fato, objetos conectados e IoT se inter-relacionam. A definição para cada um deles é dada por Dorsemaine et al. (2015):

Uma definição para um objeto conectado (...): Sensores e/ou atuadores transportando uma função específica e que sejam capazes de se comunicar com outro equipamento. Esse objeto é parte de uma infraestrutura permitindo o transporte, armazenagem, processamento, e o acesso aos dados gerados pelos usuários ou outros sistemas¹ (DORSEMAINE et al., 2015, p. 73).

Portanto, uma definição para o IoT (...): Grupo de infraestruturas interconectando objetos conectados e permitindo sua gerência, mineração de dados, e o acesso aos dados que eles geram² (DORSEMAINE et al., 2015, p. 73).

O termo IoT também é definido como um modelo de computação em que quaisquer objetos físicos podem interagir entre si através de protocolos abertos de comunicação, geralmente na Internet (PATEL; PATEL; SALAZAR, 2016). Na indústria, o termo Machine-to-Machine (M2M) (GAZIS, 2017) é uma tendência de aplicação prática de IoT para redução de custos de produção, aumento da produtividade e segurança, em que os próprios equipamentos industriais interagem entre si sem intervenção humana para a realização de tarefas complexas.

Aliado a isso, o avanço da miniaturização na Eletrônica trouxe para o público uma grande quantidade de dispositivos eletrônicos de baixo custo. Grande parte desses dispositivos permite interação com protocolos abertos da Internet. Um dos principais apelos tanto para pesquisadores, estudantes

¹ Tradução própria. Original: "a definition for a connected object (...): "Sensor(s) and/or actuator(s) carrying out a specific function and that are able to communicate with other equipment. It is part of an infrastructure allowing the transport, storage, processing and access to the generated data by users or other systems."

² Tradução própria. Original: "Then, a definition for the IoT (...): "Group of infrastructures interconnecting connected objects and allowing their management, data mining and the access to the data they generate."

e hobistas é a relativa facilidade de conectar componentes eletrônicos com conhecimentos básicos de física, eletrônica, matemática e programação.

Complementar a essa facilidade de uso de dispositivos eletrônicos microcontrolados, a melhoria da qualidade das redes sem fio também contribuiu para manter a escalabilidade do conjunto crescente de equipamentos conectados. Análises estatísticas do tráfego na Internet (JOVANOVIĆ, 2022) estimam que em 2021 mais de dez bilhões de dispositivos IoT estiveram ativos para as mais diversas finalidades, e esse número tende a crescer nos próximos anos.

Romero Rodríguez e Alonso García (2020) destacam o *e-learning*, a aprendizagem combinada, a sala de aula invertida e a aprendizagem móvel como algumas das principais metodologias associadas ao ensino remoto. O conceito de aprendizagem por competências, ao invés de meramente por conteúdo, é associado ao conceito de fluência digital. Os autores também destacam uma série de alternativas educacionais que podem ser aplicadas.

[...] uso de aplicativos online para plataformas de streaming; aprendizagem de línguas por meio de smartphones; efeitos da metodologia de sala de aula invertida por meio do Blackboard; educação em segurança digital; contrastes de gênero em uma experiência de *e-learning* formativa; visões do uso das TIC para a educação inclusiva; o uso de jogos digitais educativos; formação tecnológica e multicultural de professores para a inclusão educacional; uso das TIC para incentivar a leitura em contextos vulneráveis; relação das TIC com neuroeducação, inclusão, multiculturalismo e educação ambiental; cursos massivos online abertos (MOOC); gamificação para estimular a ativação do aluno e experiências digitais, riscos e abordagem educacional para o lazer digital (ROMERO RODRÍGUEZ; ALONSO GARCÍA, 2020, p. i).

Os projetos em PBL são possíveis de serem aplicados em disciplinas dos primeiros anos de cursos de graduação. Além disso, essa metodologia é muito utilizada no ensino superior e recebeu especial atenção, principalmente durante o período de pandemia, para reduzir a propagação do coronavírus. Inoue et al. (2020) afirmam que o advento da pandemia trouxe um aumento significativo do interesse na aplicação de disciplinas em formato remoto com PBL e modelos sala de aula invertida no ensino superior.

De fato, na visão construtivista, o projeto é considerado o melhor e mais apropriado método de ensinar. O projeto é um padrão de método de ensino que permite desenvolver independência e responsabilidade, além de fomentar práticas sociais e democráticas de comportamento (KNOLL, 1997).

O “aprender fazendo” é frequentemente atribuído aos trabalhos pedagógicos de Dewey e Kilpatrick (RETTNER, 2018), muito embora Krueger (2023) afirme que a aprendizagem baseada na prática é inata e intuitiva, ou seja, própria do ser humano. Essa prática pedagógica é vista também nas raízes educacionais das instituições de ensino no país.

Segundo Gonçalves et al. (2017), nos primórdios do ensino superior no país as instituições de ensino se consolidaram nos modelos de institutos isolados e profissionalizantes, sendo que, somente a partir de 1920, surge a Universidade do Rio de Janeiro como a primeira universidade oficial com cursos superiores. Os autores mencionam o estudo de Carvalho (2011) que destaca a importância da autonomia e participação democrática dos sujeitos nela envolvidos:

[...] Trata-se de uma comunicação clara, além de transparência a respeito dos condicionantes institucionais mais abrangentes, os problemas, as dificuldades, o planejamento, a execução e a avaliação dos processos educativos (GONÇALVES et al., 2017, p. 194).

É notável pensar que a avaliação dos processos educativos é uma contribuição importante para o ensino superior, frente aos desafios de ensinar para uma geração de estudantes que ingressam no ensino superior e que vêm de uma pluralidade de formações educacionais de escolas públicas e privadas.

Colaboram em direção a essa formação plural as Diretrizes Curriculares da Educação (DCNs) para cursos de graduação em cursos da área de ciências exatas (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2016). Essas diretrizes apontam para a promoção de ambientes de aprendizagem, onde os estudantes adquirem

competências através da associação do conhecimento com práticas de aprendizagem. Nesse ínterim, o egresso deve ser capaz de fomentar equipes colaborativas capazes de compreender problemas, projetar soluções, implementá-las e praticá-las na sociedade.

As disciplinas de cursos de graduação podem incentivar a realização de projetos interdisciplinares, sem necessariamente haver a junção de disciplinas de conteúdos diferentes. Um dos objetivos é formar o estudante através do desenvolvimento de competências e habilidades, com profissionais atualizados para as exigências do mercado de trabalho, e a promoção de conhecimento metodológico aliado ao conhecimento técnico frente às exigências da sociedade.

As abordagens com metodologias ativas não necessariamente envolvem a aplicação prática de conceitos teóricos, mas sim quaisquer práticas que tiram o aluno de mero agente passivo para agente atuante e participativo da sua própria aprendizagem. Essas práticas podem fazer parte do conteúdo da disciplina, em que o professor passa a atuar como um agente facilitador e mediador da aprendizagem. Aprendizagem ativa pode ser entendida como:

[...] um termo amplo, comumente definido para qualquer método instrucional que engaja estudantes no processo de aprendizagem [...] Aprendizagem ativa não dispensa a necessidade de leituras, mas fornece oportunidades para o estudante refletir, avaliar, analisar, sintetizar e comunicar a respeito ou sobre a informação a informação apresentada³ (CRISOL-MOYA; ROMERO-LÓPEZ; CAURCEL-CARA, 2020, p. 2).

A diversidade de tratamentos em torno de um projeto acadêmico com metodologias ativas estimula a organização de ideias do grupo, a negociação, a definição de etapas de execução para o cumprimento de prazos, e o aprendizado em conjunto com os professores que lecionam as disciplinas necessárias para a realização do projeto acadêmico.

3 Metodologia

Tendo em vista a tendência de adoção de tecnologias digitais em práticas pedagógicas, este artigo faz uma revisão de trabalhos na literatura que aplicam IoT na educação. A revisão sistemática da literatura (RSL) é um processo de identificar, avaliar e interpretar a pesquisa feita sobre determinado assunto. Neste artigo, essa revisão é feita segundo a metodologia de Brereton et al. (2007) que definem as seguintes etapas: definição das questões de pesquisa, definição dos termos de busca, seleção das bases bibliográficas, critérios de inclusão e exclusão de publicações e resumo dos trabalhos selecionados.

Essa mesma metodologia é adotada por Lopes et al. (2018), o qual avalia publicações de ensino com IoT de 2012 até 2017. No entanto, na RSL que segue, é apresentada a avaliação de publicações mais recentes, de 2018 a 2022, com a comparação dos resultados obtidos por Lopes et al. (2018).

Na RSL foram definidos três passos para seleção das publicações: 1) busca de artigos de acordo com os termos de busca nas bases selecionadas; 2) filtragem por relevância por meio da leitura do título, resumo e palavras-chave; 3) leitura completa dos artigos para avaliação quantitativa e qualitativa. Sem perda de generalidade, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- QP1: Qual o foco da publicação ao utilizar IoT em sala de aula?
- QP2: Quais metodologias são utilizadas para aplicar IoT em salas de aula de cursos de graduação?
- QP3: Quais ferramentas de *software* e *hardware* dão apoio para a melhoria das atividades de ensino?
- QP4: Quais conteúdos de ciências exatas são abordados?

A QP1 define a abordagem dada ao tema, uma vez que o foco é a aplicação prática de IoT em atividades de ensino de cursos de graduação. Nessa etapa, os artigos foram classificados em três categorias: 1) Monitoramento de dados em salas de aula; 2) Tecnologias de apoio ao ensino em sala de aula e 3) Gestão institucional. A QP2 identifica a metodologia de ensino com o suporte de

³ Tradução própria. Original: "[...] is a broad, commonly used term "generally defined as any instructional method that engages students in the learning process" [...] Active learning does not negate the need for lectures, but it provides opportunities for students to reflect, evaluate, analyze, synthesize, and communicate on or about the information presented".

IoT; a QP3 identifica as ferramentas de *software* e *hardware* que auxiliam no ensino do conteúdo na disciplina; finalmente, a QP4 avalia como os conteúdos de ciências exatas são contemplados através de projetos com IoT.

A partir dessas questões de pesquisa, foram definidas as seguintes palavras-chave: Internet of Things, Internet das Coisas, Smart Classroom, Sala de Aula e Universidade. A seguir, foi definida uma *string* de busca como segue: “Internet of Things” OR “Internet das Coisas” AND “Smart Classroom” OR “Sala de Aula” AND “Universidade” OR “University”. Essa *string* de busca foi submetida nas seguintes fontes bibliográficas: IEEE Xplore, ACM Digital Library, SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação), Portal de Periódicos revisados por pares da CAPES da coleção DOAJ (*Directory of Open Access Journals*) dos títulos em Português e em Inglês. Essas fontes foram selecionadas porque possuem referências de qualidade sobre a temática abordada. Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos como segue:

a. Critérios de Inclusão (CI):

CI1: estudos realizados nos últimos quatro anos (de 2018 a 2022);

CI2: aplicação de IoT em sala de aula de cursos de graduação;

b. Critérios de Exclusão (CE):

CE1: estudo anterior ao ano de 2017;

CE2: conteúdo classificado como proposta e/ou conceitual;

CE3: estudo com foco na coleta e análise de dados com IoT, sem contemplar aspectos didáticos ou pedagógicos de ensino com IoT;

CE4: estudo realizado em universidade, mas que não é aplicado em sala de aula.

A Tabela 1 a seguir sumariza os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 1. Revisão sistemática de artigos.

Fontes bibliográficas	Etapa 1 (Seleção - CE1)	Etapa 2 (Categorização - CE2)	Etapa 3 (Refinamento - CE3 e CE4)
IEEE	52	28	9
ACM	4	2	1
SBIE	4	1	0
Scopus	51	36	6
Periódicos CAPES	53	13	3
Total	164	80	19

Fonte: Autoria própria (Disponível em: <https://osf.io/et8bk>).

Para preencher os dados da Tabela 1 foram aplicadas as seguintes etapas:

1. Etapa 1 (Seleção): seleção de artigos de acordo com a string de busca e os critérios de inclusão. Nessa etapa foram aplicados apenas os critérios de exclusão CE1 e CE2 com base na leitura do título e do resumo dos artigos, uma vez que os CE3 e CE4 exigem uma leitura mais aprofundada das fontes bibliográficas selecionadas. Essa etapa resultou em um total de 164 artigos.
2. Etapa 2 (Categorização): Na segunda etapa foram aplicados os critérios de exclusão CE2 para excluir os artigos de conteúdo conceitual e/ou proposta em estágio inicial com base na leitura do título e do resumo dos artigos. Essa etapa resultou em um total de 80 artigos e permitiu categorizá-los em três tipos:

Categoria 1: Monitoramento de dados em salas de aula. O foco do artigo é a coleta e a análise de dados com IoT, sem contemplar aspectos didáticos de ensino. São exemplos: detecção de entrada/saída de alunos, coleta de dados de sensores em sala de aula, qualidade do ar, controle de ar-condicionado, etc.;

Categoria 2: Tecnologias de apoio ao ensino em sala de aula. O foco do artigo é a utilização de IoT para melhoria das atividades pedagógicas em sala de aula. São exemplos: comparativos de melhoria da aprendizagem com IoT, utilização de dispositivos IoT em sala de aula, novas ferramentas de apoio ao ensino, etc.;

Categoria 3: Gestão institucional. É o nível mais elevado das categorias que compreende a

gestão da instituição de ensino com o auxílio de IoT. São exemplos: gestão de disponibilidade de salas de aula, otimização do consumo de energia, alarmes de incêndio, vagas de estacionamento no *campus*, etc.

3. Etapa 3 (Refinamento): Na terceira etapa foram aplicados os critérios de exclusão CE3 e CE4. O objetivo foi manter apenas as referências da Categoria 2: Tecnologias de apoio ao ensino em sala de aula. Essa etapa identificou um total de 19 artigos e foi realizada a leitura completa das publicações resultantes com acesso disponível. Nessa etapa também foram mantidos os artigos que, mesmo não cumprindo todos os critérios da busca, tiveram relevância para esta pesquisa. Essa leitura permitiu responder às questões de pesquisa propostas.

4 Resultados

Ao final da pesquisa na Etapa 3, foram selecionados 19 artigos relevantes, de acordo com a Categoria 2: Tecnologias de apoio ao ensino em sala de aula, de 2018 a 2022.

Com relação à primeira questão de pesquisa (QP1), dos artigos resultantes da Etapa 3, o principal objetivo da publicação é a melhoria da qualidade de ensino em sala de aula com dispositivos de IoT. Os trabalhos de Oteri (2020), Nai (2022), Liu, Wang e Xiao (2021) e Petrović et al. (2021) descrevem arquiteturas para implantação de IoT em sala de aula, enquanto que Chang, Huang e Chu (2020) descrevem um *framework* com um estudo de caso.

Chang, Huang e Chu (2020) propõem um *framework* para automatizar o processo de interação com diferentes dispositivos IoT através de uma máquina de estados, com redução da intervenção do usuário para configurar os equipamentos. Lin (2020) propõe o compartilhamento de recursos físicos em universidades tecnológicas, com laboratórios de IoT acessíveis através da Internet e que podem ser usados para ensino e pesquisa, expandindo o acesso a esses recursos para um número maior de estudantes, ampliando as possibilidades de cooperação e fortalecendo a formação de recursos humanos qualificados.

Shan (2020) prefere vislumbrar o uso de IoT como um utilitário para mudar o modelo tradicional de ensino com currículos fixos. O autor utiliza o termo “Walking Class” para explicar que os estudantes podem escolher cursos em sua matriz curricular de acordo com os seus interesses, na forma de um currículo personalizado. Para manter informações complexas e frequentes de interação entre os estudantes, um *campus* inteligente integra informação e tecnologias de informação. Os próprios assentos de sala de aula não são fixos, mas mudam constantemente de acordo com as atividades.

Memos et al. (2020) definem o termo “Smart Education” como um ramo emergente da educação baseado em tecnologias de IoT, Computação em Nuvem, Redes de Sensores, Análise de Big Data, Detecção Compactada e Redes 5G. Para os autores, uma sala de aula inteligente pode ser estabelecida em uma rede sem fio 5G com acesso limitado à Internet para evitar que dados pessoais sejam tornados públicos sem autorização dos estudantes.

Os autores complementam que os dados de aprendizagem são enviados para um *Learning Management System* (LMS) em um servidor de nuvem para análise de Big Data. Esses dados são armazenados em tempo-real com informações dos estudantes e dos sensores com os quais eles interagiram, além de dados de outros dispositivos conectados à rede, tais como óculos de realidade aumentada. Através de dispositivos táteis, os estudantes poderão atuar fisicamente nas aulas com realidade virtual imersiva apresentada nas aulas do LMS.

Petrović et al. (2021) identificam a possibilidade de aliar jogos educacionais com IoT como meio de estimular os estudantes e focar a atenção no conteúdo da disciplina. Os autores também utilizam um LMS para hospedar testes personalizados com quizzes e quebra-cabeças através de experimentos *online* com Arduino (ARDUINO, 2023). Mahmood et al. (2019) utilizam um LMS com análise dos dados de expressões faciais para analisar a satisfação dos estudantes durante as aulas.

Por outro lado, Nai (2022) aponta que dispositivos IoT podem ser utilizados em sala de aula para coleta de dados e processamento em nuvem, com a análise personalizada dos dados coletados dos estudantes e consequente melhoria da aprendizagem. Uma abordagem similar com computação em nuvem também é dada por Tan et al. (2018) que utilizam cartões RFID (*Radio Frequency Identification*) para identificar o ingresso de estudantes em sala, seguido da confirmação do estudante no seu

próprio *smartphone*, ou seja, um processo de verificação de presença em duas etapas.

Nai (2022) também usa o *Quick Response Code* (QR Code) para promover um ensino ativo do estudante, que precisará utilizar o seu próprio *smartphone* para *scanner* o QR Code do exercício e rapidamente acessar o conteúdo *online* da tarefa. A nuvem é utilizada para gravar os registros de presença dos estudantes e gravar a pontuação dos estudantes nas tarefas avaliativas.

Oteri (2020), Fortoul-Diaz et al. (2021) e Hincapié et al. (2020) focam no uso de laboratórios de instrumentação remota para que um grande número de estudantes de engenharia tenham acesso a dispositivos IoT e também na disponibilização de *kits* de IoT fornecidos para grupos de estudantes.

Fortoul-Diaz et al. (2021) destacam que a metodologia pedagógica em projetos com IoT apresenta desafios quanto ao caráter cognitivo (conhecimentos, estratégias), comportamental (habilidades, engajamento) e percepção de benefícios. Os autores realizaram diversas avaliações com formulários antes e durante a pandemia entre a experimentação tradicional e a experimentação remota com IoT.

Os autores também avaliaram a experiência de aprendizagem, a assimilação de conteúdo, *soft skills* (comunicação, resolução de problemas, organização, liderança, formação de equipes, adaptação, criatividade e relacionamento interpessoal) e o pensamento crítico (a capacidade de identificar, analisar, avaliar, classificar e interpretar informação com ferramentas de autoaprendizagem). As avaliações quantitativas indicaram notas similares na disciplina antes e depois da pandemia para um grupo de 112 estudantes de cursos de engenharia, mesmo nas atividades de laboratório a distância.

Debauche et al. (2018) utilizam uma abordagem similar, com o fornecimento de kits LoRaWAN com suporte ao protocolo Message Queue Telemetry Transport (MQTT) e gateway de conexão à nuvem The Things Network (TTN). O *kit* é fornecido para grupos de estudantes realizarem interação remota com dispositivos IoT.

Lin, Xie e Cai (2019) indicam que IoT é uma inovação positiva que contribui para promover uma reforma do modo de ensino suportado por tecnologias digitais. Os autores apontam também que a tecnologia 5G traz grandes benefícios para a educação, sendo necessária para tecnologias imersivas de Realidade Virtual e Realidade Aumentada em sala de aula.

Burunkaya e Duraklar (2022) utilizam dispositivos IoT, integrados a um sistema em nuvem, para identificar de maneira personalizada como as adversidades do ambiente com relação à temperatura, ruídos, intensidade da luz, qualidade do ar e umidade do ambiente podem influenciar a aprendizagem do estudante em sala de aula. A média dos valores individuais percebidas pelos estudantes são calculadas e adaptadas automaticamente. Os autores apontam que o ajuste automático desses parâmetros em sala pode contribuir para a melhoria da aprendizagem.

Com relação à segunda questão de pesquisa (QP2), nas publicações selecionadas ao final da Etapa 3, não há uma padronização da metodologia de aplicação de IoT em sala de aula. Considerando o quesito de projetos PBL aplicados em cursos de graduação, as referências que contemplam LMS para instrumentação remota e simuladores de IoT são as que mais se aproximam da aplicação de metodologias ativas com projetos (OTERI, 2020; FORTOUL-DIAZ et al., 2021; HINCAPIÉ et al., 2020).

Com relação à terceira questão de pesquisa (QP3), a sumarização das publicações de acordo com os recursos utilizados é apresentada na Tabela 2. Nas publicações selecionadas na Etapa 3, todos os autores que fazem a integração de dispositivos IoT e que analisam dados de estudantes utilizam a computação em nuvem. Isso provavelmente se deve ao fato de que as soluções de sistemas em nuvem reduzem o esforço de configuração e aquisição de recursos físicos para guardar e analisar uma grande quantidade de dados efêmeros.

Com relação à quarta questão de pesquisa (QP4), nas publicações selecionadas na Etapa 3, é interessante notar que, à medida que os estudantes realizam projetos em plataformas de IoT, o foco por vezes fica centrado nas especificidades das ferramentas utilizadas, e não no conteúdo da disciplina em si.

5 Discussão

Após a apresentação dos resultados, logo foi observado que o grande foco das publicações é simplesmente o uso de novas tecnologias, sem se atentar para a importância de avaliar se houve melhoria na

Tabela 2. Sumarização dos recursos utilizados.

Recursos utilizados	Publicações
Computação em Nuvem	Memos et al. (2020), Lin, Xie e Cai (2019), Fortoul-Diaz et al. (2021), Nai (2022), Liu, Wang e Xiao (2021), Li e Chen (2020), Tan et al. (2018), Burunkaya e Duraklar (2022) e Liu e Yang (2021).
Software personalizado para o Ensino Plataforma para Gerência de Ensino (<i>Learning Management System</i> - LMS) <i>Smartphone</i>	Todas as publicações da Etapa 3. Memos et al. (2020), Mahmood et al. (2019), Fortoul-Diaz et al. (2021), Nai (2022), Petrović et al. (2021), Liu, Wang e Xiao (2021) e Hincapié et al. (2020). Mohammed, Chisab e Alwaily (2021), Chang, Huang e Chu (2020), Lin (2020), Shan (2020), Oteri (2020), Debauche et al. (2018), Petrović et al. (2021), Tan et al. (2018) e Saraubon (2019).
Hardware Personalizado para o Ensino e/ou outros dispositivos IoT Arduino Raspberry Pi	Todas as publicações da Etapa 3. Oteri (2020) e Petrović et al. (2021)). Saraubon (2019), Mahmood et al. (2019) e Debauche et al. (2018).
Autodesk TinkerCad NodeMCU	Oteri (2020). Mohammed, Chisab e Alwaily (2021), Fortoul-Diaz et al. (2021), Li e Chen (2020) e Tan et al. (2018).
RFID	Lin (2020), Petrović et al. (2021) e Tan et al. (2018)
5G	Memos et al. (2020) e Lin, Xie e Cai (2019).

Fonte: Autoria própria.

aprendizagem após sua inserção.

É observado que a maior parte das publicações encaram IoT como uma tecnologia ubíqua utilitária que adiciona inovação no ensino, ou seja, um recurso digital que complementa o conteúdo da disciplina, que se integra ao ambiente de ensino, e que é ofertado de maneira semelhante ao fornecimento de água, energia, Internet e/ou gás natural. Em comparação com o relatado por Lopes et al. (2018), ainda é observado que as tecnologias em sala de aula com IoT continuam a ser implementadas e testadas segundo a evolução dos recursos tecnológicos.

Novamente, esse é um ponto que merece destaque porque o ensino universitário não precisa estar vinculado ao uso de tecnologias digitais específicas. Também é observado que continua a existir uma falta de padronização das abordagens, sem vinculação com trabalhos de outros autores, o que por vezes gera um retrabalho.

Os trabalhos que descrevem arquiteturas podem servir de guia para a implementação em outras salas de aula porque não focam o uso de dispositivos específicos e/ou softwares personalizados (OTERI, 2020; NAI, 2022; LIU; WANG; XIAO, 2021; PETROVIĆ et al., 2021; CHANG; HUANG; CHU, 2020).

Além disso, inovação não é sinônimo de melhoria na qualidade do ensino. Com o advento da epidemia de coronavírus, as tecnologias de IoT trouxeram benefícios para o ensino quanto à interação remota com os dispositivos de uma sala de aula inteligente, sem necessidade de tocá-los (MOHAMMED; CHISAB; ALWAILY, 2021). Mas a interação com dispositivos IoT é complexa e poderá exigir uma camada adicional de *software* para simplificar a interação com dispositivos de diferentes fabricantes.

Nesse sentido, há a necessidade de implementar a integração de várias tecnologias que estejam mais próximas aos estudantes, como IoT, Internet móvel e sensores, para proporcionar ambientes de aprendizagem criativos e interativos. Por exemplo, a lista de presença pode ser realizada com o reconhecimento facial dos estudantes (SHAN, 2020).

Com relação à percepção de aprendizagem, Fortoul-Diaz et al. (2021) destacam que mais de 75% dos estudantes perceberam como bom/excelente a experiência de prototipagem com IoT, porém houve uma nítida redução da percepção da qualidade de ensino a distância indicada pelos estudantes, sendo que os autores destacam como os possíveis fatores: a experimentação remota reduz a interação

com outros estudantes e com o professor; os estudantes acreditam que poderiam ter um melhor desempenho pessoalmente e estresse ou problemas que poderiam afetar a percepção de aprendizagem dos estudantes.

Com relação à assimilação de conteúdo com a prática em IoT, os estudos apresentados por Fortoul-Diaz et al. (2021) mostraram que os estudantes foram capazes de entender os tópicos explicados, e que a maioria dos estudantes avaliaram o curso como bom/excelente. Porém, foi observado que mais de 53% dos estudantes preferem o ensino face a face ao invés de modelos alternativos híbridos (face a face e virtual) ou totalmente virtuais.

Quanto às *soft skills* com IoT, Fortoul-Diaz et al. (2021) também observaram que mais de 80% dos estudantes acreditam que melhoraram ao menos uma *soft skill* durante o curso com a experimentação com IoT. O estudo também revelou que mais de 60% dos estudantes acreditam que melhoraram suas habilidades de pensamento crítico com IoT, referente à análise, sintetização de informação, identificação de problemas, entre outros.

Uma discussão sobre o desperdício de recursos educacionais também é necessária. Liu, Wang e Xiao (2021) destacam que, nas metodologias de ensino convencionais, os aprendizes não participam do processo de aprendizagem, demonstrando que atividades de ensino facilmente levam a uma sobrecarga cognitiva. Os autores afirmam que a grande quantidade de recursos educacionais tem levado a problemas sérios de dispersão de recursos e a um baixo nível de construção redundante de plataformas educacionais. Os autores propõem um modelo baseado em nuvem como plataforma de ensino inteligente.

Quanto à qualidade da conexão com a Internet, Lin, Xie e Cai (2019) afirmam que a tecnologia 5G reduzirá significativamente o tempo de acesso remoto a atividades que exigem interação contínua e em tempo real de muitos estudantes a servidores de dados na Internet a longas distâncias. Nas referências selecionadas há uma nítida apresentação de metodologias no formato híbrido, com o ensino combinado com dispositivos IoT, por vezes acessíveis através da Internet e que viabilizam o ensino para um grande número de estudantes.

Porém, também é observada a manutenção do ensino convencional presencial com a presença de um professor. Em comparação com o relatado por Lopes et al. (2018), a inclusão e acessibilidade para pessoas com deficiência não foi relatada por nenhum dos autores.

Por outro lado, o uso de questionários preenchidos pelos estudantes foi a metodologia direta mais utilizada para avaliar a qualidade da aprendizagem (SHAN, 2020; OTERI, 2020; FORTOUL-DIAZ et al., 2021; PETROVIĆ et al., 2021; LIU; WANG; XIAO, 2021; HINCAPIÉ et al., 2020; BURUNKAYA; DURAKLAR, 2022), sendo a avaliação indireta, em que o sistema avalia a qualidade da aprendizagem com base nos dados de desempenho dos estudantes, aferida por poucos autores (NAI, 2022).

Quanto às plataformas *online* de ensino, as referências mostram que não há um consenso sobre qual plataforma deve ser utilizada para integração com dispositivos IoT nas disciplinas, sendo que cada autor que utiliza um LMS prefere utilizar um sistema próprio.

Quanto aos *hardwares* de IoT também não há um consenso. A maioria das soluções é personalizada o que torna difícil aplicá-las em outras salas de aula. Porém, há um consenso no uso do *smartphone* pelo estudante como mecanismo de interação direta e/ou indireta com esses dispositivos em sala de aula. Saraubon (2019) utiliza um modelo de *thin-client* com computação em neblina, em que os estudantes coletam dados remotos do dispositivo IoT, mas fazem o processamento em seus próprios *smartphones*.

Nas referências selecionadas não foram apresentadas especificidades quanto à melhoria do conteúdo de disciplinas de ciências exatas com a inserção de projetos e/ou ensino com IoT. A RSL apresentada por Lopes et al. (2018) também não faz menção com relação à modificação do conteúdo de disciplinas de ciências exatas com a inserção de IoT em sala de aula. Nesses casos é importante que o educador oriente o estudante para a aprendizagem do conteúdo proposto com o auxílio complementar da experimentação, sem focar exclusivamente nas especificidades dos *hardwares* e *softwares* do projeto, que poderão mudar ou estarem indisponíveis sem prévio aviso.

Os artigos revelam que a inserção de IoT em sala de aula não substitui o conteúdo básico convencional já ofertado em disciplinas de graduação. Nesse sentido, é importante reforçar que o ensino

convencional não precisa ser atrelado ao uso dessas tecnologias digitais, mas sim utilizá-las como complemento na medida em que o seu uso agrega valor aos conceitos estudados. O ato de “forçar” o uso de equipamentos simplesmente para agregar inovação em sala de aula poderá ter um papel inversor, ou seja, ser um fator a mais para reduzir a atenção do estudante e a qualidade da educação, na medida em que não são feitos questionamentos sobre os métodos utilizados, os conceitos apreendidos e o *feedback* dos estudantes inseridos nessas novas tecnologias.

Além disso, faltam materiais pedagógicos que ensinem como aplicar IoT em sala de aula para a melhoria da qualidade do ensino em todas as publicações selecionadas.

6 Considerações finais

Repensar a prática pedagógica frente às novas tecnologias é um desafio. Há um anseio de muitos estudantes de graduação que ingressam em instituições de ensino superior em ter uma visão ampla das possibilidades de aplicação prática dos conceitos aprendidos no mercado de trabalho. A oferta de disciplinas com atividades que promovem a colaboração, a autonomia e a prática pedagógica focada no estudante tornam mais agradáveis o ensino dentro e fora de sala de aula.

Mesmo que haja um inicial desconforto do educador em ofertar projetos de curta duração sem uma expectativa clara de sua conclusão, a prática mostra que há um aprendizado do docente junto com o estudante, prática esta que não seria obtida com aulas puramente expositivas com avaliações somativas.

Ainda que os projetos de curta duração não sejam concluídos como o esperado, o avanço das etapas promove a colaboração, a troca de experiências, instiga a reflexão, a autonomia, o repensar de práticas de ensino e a melhoria do relacionamento interpessoal entre estudantes e docentes, com redução da distância transacional entre o que se ensina e o que se aprende na prática.

A divisão de tarefas com definição de etapas claras a serem cumpridas preparam o estudante para atender prazos e planejar melhor as suas atividades com foco no alcance dos resultados em conjunto com os outros colegas. Há um nítido esforço em produzir uma inteligência coletiva, na qual os estudantes se unem através de meios digitais e redes sociais para a produção de um projeto comum.

Os dispositivos IoT são projetados para serem recursos computacionais dedicados, voláteis, de baixo custo, com aplicações em rede escaláveis que surgem da combinação efêmera de dispositivos interligados na Internet. É um desafio a inserção de práticas pedagógicas com IoT frente à grande diversidade desses dispositivos, às questões de mobilidade, às exigências de configuração de *hardware* e *software*, à clareza e ao nível de profundidade dos manuais de configuração desses equipamentos.

Por conta disso, é importante que o educador reflita sobre metodologias de ensino baseadas em projetos onde o dispositivo IoT seja um meio para complementar as atividades de sala de aula. Há o risco do educador focar em dispositivos de IoT que podem estar desatualizados em pouco tempo, com aumento do esforço e do tempo necessário para elaboração de projetos de curta duração.

Referências

ARDUINO. *Project Hub*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://projecthub.arduino.cc/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

BRERETON, Pearl et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. en. *Journal of Systems and Software*, v. 80, n. 4, p. 571–583, abr. 2007. ISSN 01641212. DOI: 10.1016/j.jss.2006.07.009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016412120600197X>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

BURUNKAYA, Mustafa; DURAKLAR, Kazım. Design and Implementation of an IoT-Based Smart Classroom Incubator. en. *Applied Sciences*, v. 12, n. 4, p. 2233, fev. 2022. ISSN 2076-3417. DOI: 10.3390/app12042233. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/4/2233>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CARVALHO, Roberto Francisco de. *O processo de gestão e participação na universidade: limites, possibilidades e desafios na UFT*. 2011. Tese de doutorado – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. Disponível em: <http://ppge.fe.ufg.br/up/6/o/Tese_Roberto_Francisco.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2022.

CHANG, Feng-Cheng; HUANG, Hsiang-Cheh; CHU, Liou. Learning the Classroom Automation Preferences with Low User Intervention. In: 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech). Kyoto, Japan: IEEE, mar. 2020. P. 31–34. ISBN 9781728170633. DOI: 10.1109/LifeTech48969.2020.1570616823. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9081028/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

CRISOL-MOYA, Emilio; ROMERO-LÓPEZ, María Asunción; CAURCEL-CARA, María Jesús. Active Methodologies in Higher Education: Perception and Opinion as Evaluated by Professors and Their Students in the Teaching-Learning Process. *Frontiers in Psychology*, v. 11, p. 1703, ago. 2020. ISSN 1664-1078. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01703. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2020.01703/full>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

DEBAUCHE, Olivier et al. Internet of Things: Learning and practices. Application to smart home. In: 2018 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet). Marrakech: IEEE, abr. 2018. P. 1–6. ISBN 9781538646090. DOI: 10.1109/COMMNET.2018.8360247. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8360247/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

DORSEMAINE, Bruno et al. Internet of Things: A Definition & Taxonomy. In: 2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies. Cambridge, United Kingdom: IEEE, set. 2015. P. 72–77. ISBN 9781479986606. DOI: 10.1109/NGMAST.2015.71. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7373221/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

FORTOUL-DIAZ, Jesus Anselmo et al. Project-Based Learning Using Internet of Things as an Educational Tool in COVID–19 Era with a Hybrid Context for Engineering Students. en. In: 2021 4th International Conference on Education Technology Management. Tokyo Japan: ACM, dez. 2021. P. 111–117. ISBN 9781450385800. DOI: 10.1145/3510309.3510327. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3510309.3510327>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

GAZIS, Vangelis. A Survey of Standards for Machine-to-Machine and the Internet of Things. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 19, n. 1, p. 482–511, 2017. ISSN 1553-877X. DOI: 10.1109/COMST.2016.2592948. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7516570/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

GONÇALVES, Patricia Batista et al. O Contexto Histórico das Universidades Federais no Brasil e a Participação de Docentes, Discentes e Técnicos Administrativos no Processo de Tomada de Decisão nessas Instituições Públicas. In: ANAIS do Simpósio de Metodologias Ativas - Inovações para o Ensino e a aprendizagem na Educação básica e superior & III Simpósio do Mestrado Profissional em Gestão Organizacional/III CIIE. Goiás, Brasil: Editora Edgard Blücher, mar. 2017. P. 190–197. DOI: 10.5151/sma2016-017. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/25394>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

HINCAPIÉ, Mauricio et al. Use of laboratory scenarios as a strategy to develop smart factories for Industry 4.0. en. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, v. 14, n. 4, p. 1285–1304, dez. 2020. ISSN 1955-2513, 1955-2505. DOI: 10.1007/s12008-020-00696-3. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s12008-020-00696-3>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

INOUE, Masahiro et al. Planning and Implementation of Large-Scale Online Project-Based Learning and Flipped Classes. In: 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE). Takamatsu, Japan: IEEE, dez. 2020. P. 918–921. ISBN 9781728169422. DOI: 10.1109/TALE48869.2020.9368494. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9368494/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

JOVANOVIĆ, Bojan. *Internet of Things statistics for 2022 - Taking Things Apart*. en. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://dataprot.net/statistics/iot-statistics/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

KNOLL, Michael. The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. *Journal of Industrial Teacher Education*, v. 34, n. 3, 1997. ISSN 1938-1603.

KRUEGER, Jason. *The Real History of Project Based Learning. STEM Education Info*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://stratostar.com>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

LI, Yingjie; CHEN, Lianjun. Improved LSTM data analysis system for IoT-based smart classroom. Edição: Andino Maselena, Xiaohui Yuan e Valentina E. Balas. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, v. 39, n. 4, p. 5141–5148, out. 2020. ISSN 10641246, 18758967. DOI: 10.3233/JIFS-179999. Disponível em: <<https://www.medra.org/servlet/aliasResolver?alias=iopress&doi=10.3233/JIFS-179999>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

- LIN, Hanhui; XIE, Shaoqun; CAI, Ken. Construction of Classroom Teaching Model Based on the 5G Communication Technology. In: 2019 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT). Tianjin, China: IEEE, ago. 2019. P. 393–396. ISBN 9781728134888. DOI: 10.1109/SmartIoT.2019.00069. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8896582/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- LIN, Ruijin. IoT Experimental Classroom Project under the Mode of Industry-University-Research Collaboration. In: 2020 5th International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA). Zhangjiajie, China: IEEE, jun. 2020. P. 433–436. ISBN 9781728182780. DOI: 10.1109/ICSGEA51094.2020.00099. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9260315/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- LIU, Jinhua; WANG, Caiping; XIAO, Xianchun. Internet of Things (IoT) Technology for the Development of Intelligent Decision Support Education Platform. en. Edição: Rahman Ali. *Scientific Programming*, v. 2021, p. 1–12, dez. 2021. ISSN 1875-919X, 1058-9244. DOI: 10.1155/2021/6482088. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/sp/2021/6482088/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- LIU, Qingxiang; YANG, Zhongguo. The Construction of English Smart Classroom and the Innovation of Teaching Mode under the Background of Internet of Things Multimedia Communication. en. Edição: Sang-Bing Tsai. *Mobile Information Systems*, v. 2021, p. 1–10, out. 2021. ISSN 1875-905X, 1574-017X. DOI: 10.1155/2021/6398067. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/misy/2021/6398067/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- LOPES, Vinícius et al. Smart Classroom utilizando dispositivos IoT: uma revisão sistemática da literatura. In: ANAIS do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018). Fortaleza, Ceará, Brasil: [s.n.], out. 2018. P. 308. DOI: 10.5753/cbie.sbie.2018.308. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7985>>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- MAHMOOD, Salman et al. Raspberry PI and role of IoT in Education. In: 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). Muscat, Oman: IEEE, jan. 2019. P. 1–6. ISBN 9781538680469. DOI: 10.1109/ICBDSC.2019.8645598. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8645598/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- MEMOS, Vasileios A. et al. A Revolutionary Interactive Smart Classroom (RISC) with the Use of Emerging Technologies. In: 2020 2nd International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI). Nagoya, Japan: IEEE, jun. 2020. P. 174–178. ISBN 9781728158006. DOI: 10.1109/ICCCI49374.2020.9145987. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9145987/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Resolução CNE/CES no. 5, de 16 de Novembro de 2016*. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22073129/do1-2016-11-17-resolucao-n-5-de-16-de-novembro-de-2016-22073052>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- MOHAMMED, Bahaa Kareem; CHISAB, Raad Farhood; ALWAILY, Ali Hassanein. The Powerful Method for Smart Classroom Communication Rely on IoT. In: 2021 International Conference on Advance of Sustainable Engineering and its Application (ICASEA). Wasit, Iraq: IEEE, out. 2021. P. 33–36. ISBN 9781665497367. DOI: 10.1109/ICASEA53739.2021.9733064. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9733064/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- NAI, Ruihua. The design of smart classroom for modern college English teaching under Internet of Things. en. Edição: Rashid Mehmood. *PLOS ONE*, v. 17, n. 2, e0264176, fev. 2022. ISSN 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0264176. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0264176>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- OTERI, Omae Malack. The Application of IoT layer one Based Mobile Labs in Engineering, Science and Technology Education. In: 2020 IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC). Mumbai, India: IEEE, dez. 2020. P. 192–197. ISBN 9781728189932. DOI: 10.1109/IBSSC51096.2020.9332177. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9332177/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- PATEL, Keyur; PATEL, Sunil; SALAZAR, Carlos. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, v. 6, n. 5, 2016. DOI: 10.4010/2016.1482.

PELLETIER, Kathe; ET AL. 2021 *EDUCAUSE Horizon Report* &sup>®</sup> | *Teaching and Learning Edition*. en. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <<https://library.educause.edu/resources/2021/4/2021-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

PETROVIĆ, Luka et al. Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT. en. *Computer Applications in Engineering Education*, cae.22446, jul. 2021. ISSN 1061-3773, 1099-0542. DOI: 10.1002/cae.22446. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.22446>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

POWERSCHOOL. *Project-Based Learning: Benefits, Examples, and Resources*. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://www.powerschool.com/blog/project-based-learning-benefits-examples-and-resources>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

RETTETTER, Hein. The Centenary of William H. Kilpatrick's "Project Method": A Landmark in Progressive Education against the Background of American-German Relations after World War I. en. *International Dialogues on Education: Past and Present*, v. 5, n. 2, p. 10–36, 2018. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=EJ1245353>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

ROMERO RODRÍGUEZ, José María; ALONSO GARCÍA, Santiago. Tecnologías del aprendizaje: teorías, metodologías y procesos didácticos para favorecer el aprendizaje de los estudiantes del siglo XXI. es. *Texto Livre*, v. 13, n. 3, p. i–ii, nov. 2020. ISSN 1983-3652. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/26454>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. *Artificial intelligence: a modern approach*. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. (Prentice Hall series in artificial intelligence). ISBN 9780136042594.

SARAUBON, Kobkiat. Learning Media Repository and Delivery System for Smart Classroom using IoT and Mobile Technologies. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, v. 13, n. 02, p. 66, fev. 2019. ISSN 1865-7923. DOI: 10.3991/ijim.v13i02.9941. Disponível em: <<https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/9941>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

SHAN, Maoxuan. A Smart Campus System based on Intention Recognition and Internet of Things. In: 2020 5th International Conference on Universal Village (UV). Boston, MA, USA: IEEE, out. 2020. P. 1–8. ISBN 9781728195230. DOI: 10.1109/UV50937.2020.9426208. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9426208/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

TAN, Ping et al. Teaching Management System with Applications of RFID and IoT Technology. en. *Education Sciences*, v. 8, n. 1, p. 26, fev. 2018. ISSN 2227-7102. DOI: 10.3390/educsci8010026. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2227-7102/8/1/26>>. Acesso em: 12 jan. 2023.